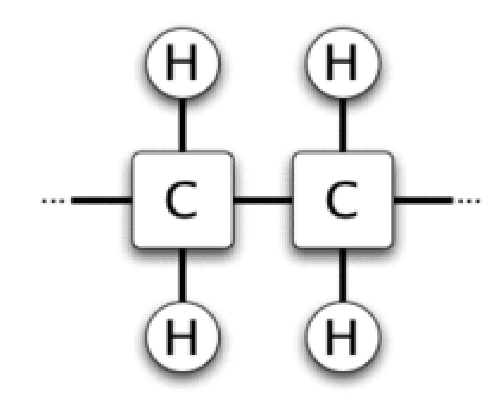
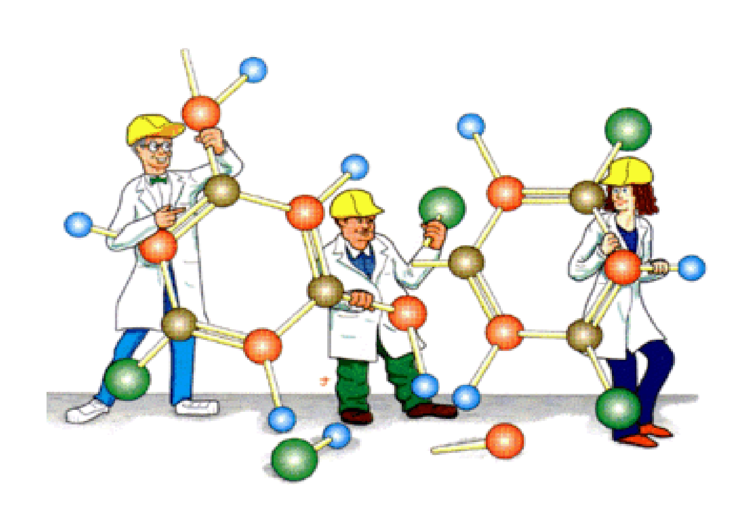
METABO

Osama Mohamed El-Husseiny
Cairo University

التمثيل الغذائي
للمواد الحاملة للطاقة





أ.د. أسامة محمد الحسينى يوسف
استاذ تغذية الدواجن والاسماك
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

أ.د.عبد الوهاب اسماعيل عيسي
أستاذ الكيمياء الحيوية
كلية الزراعة – جامعة المنوفية

د.إسلام عمارة
أستاذ مساعد تغذية الدواجن
كلية الزراعة – جامعة القاهرة

د. مدحت مصطفي أبوزيد
أستاذ مساعد الكيمياء الحيوية
كلية الزراعة – جامعة المنوفية

٢٠١٦

المحتـــــــــــــويات

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم " أَوَلَمْ يَرَ الإِنْسَانُ أَنَّا خَلَقْنَاهُ مِنْ نُطْفَةٍ فَإِذَا هُوَ خَصِيمٌ مُبِينٌ (٧٧) وَضَرَبَ لَنَا مَثَلا وَنَسِيَ خَلْقَهُ قَالَ مَنْ يُحْيِي الْعِظَامَ وَهِيَ رَمِيمٌ (٧٨) قُلْ يُحْيِيهَا الَّذِي أَنْشَأَهَا أَوَّلَ مَرَّةٍ وَهُوَ بِكُلِّ خَلْقٍ عَلِيمٌ (٧٩) الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ مِنَ الشَّجَرِ الأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِنْهُ تُوقِدُونَ(٨٠) أَوَلَيْسَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالأَرْضَ بِقَادِرٍ عَلَى أَنْ يَخْلُقَ مِثْلَهُمْ بَلَى وَهُوَ الْخَلاقُ الْعَلِيمُ (٨١) إِنَّمَا أَمْرُهُ إِذَا أَرَادَ شَيْئًا أَنْ يَقُولَ لَهُ كُنْ فَيَكُونُ (٨٢) فَسُبْحَانَ الَّذِي بِيَدِهِ مَلَكُوتُ كُلِّ شَيْءٍ وَإِلَيْهِ تُرْجَعُونَ(٨٣)" (من الآية ٧٧ الى ٨٣ سورة يس).

يبين الله عز وجل فى آياته الكريمة خلق الانسان واحياء العظام يوم النشور وخلق الشجر الأخضر وخلق الطاقة من هذا الشجر الأخضر التي يستخدمها الانسان وقود له ويمارس بها حياته، ومن هذا البيان العظيم استخلصت فكرة ومنهاجية الكتاب من خلال **أربعة مجالات اساسية :**

المجال الأول : المواد الحاملة للطاقة – الكربوهيدرات – الدهون – البروتينات.

وتعتبر الكربوهيدرات والدهون المصدران الاساسيان للطاقة بينما البروتينات رغم احتواءها على الطاقة الا أنها تعتبر مصدر ثانوي محدود للطاقة مقارنة بالمصدرين الآخرين، ويلجأ الى البروتينات واستخدامها مصدراً للطاقة فى حالات محددة.

المجال الثانى : التمثيل الغذائي لمصادر الطاقة فى حالتي الانسان والحيوانات وحيدة المعدة وايضاً فى حالة الحيوانات المجترة وخاصة الكرش.

المجال الثالث : البناء الحيوي لمصادر الطاقة.

المجال الرابع : نقل الطاقة وميكانيكية تنظيمها (التمثيل الغذائي للطاقة Bioenergetics).

ولقد تم الاستعانة بالعديد من المجلات والكتب والمراجع المحلية والعالمية الحديثة وأيضاً المواقع الالكترونية التى تخدم هذه المجالات. وحيث ان قدرة الانسان مهما عظمت الا انها محدودة وفى هذا المجال نتذكر قول الله سبحانه وتعالي: :" نَرْفَعُ دَرَجَاتٍ مِّن نَّشَآءُ وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ " (الآية ٧٦ سورة يوسف)،وقوله تعالي: "وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَآ أُوتِيتُم مِّن الْعِلْمِ إِلاَّ قَلِيلاً" (الآية ٨٥ سورة الاسراء)، وقوله تعالي:" فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَى إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا" (الآية ١١٤ سورة طه).

وعَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رضي الله عنه قَالَ: قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ :"مَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ بِهُ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ "(رواه مسلم). ولنا امل ان نكون قد ساهمنا من خلال هذا الكتاب/المرجع فى الكشف عن قدرات ونعم الله عز وجل على الانسان ولتكن عبادة لجلالته وشكره على تلك النعم. ويقول الله عز وجل:" وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَةَ اللَّهِ لاَ تُحْصُوهَا " (الآية ٣٤ سورة إبراهيم).

هذا عمل متواضع نأمل به وجة الله عز وجل وندعوا الله عز وجل القبول والاستجابة والرجاء.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.....،،،،،،،،،،،،،،،،،،

المؤلفون

رثـــــــــــاء

خلال طباعة هذا الكتاب صعدت روح المرحوم أ.د/عبد الوهاب عيسي (أحد مؤلفي الكتاب) الى بارئها نرثي فيه العالم والإنسان والعابد لله عز وجل.

جزاه الله خير الجزاء ...،،،،،،،،،،،،،،،،،،،

أولاً : المواد الحاملة للطاقة (الوحدات البنائية)

(١)الكربوهيدرات Carbohydrates

يمثل تحليل الجزيئات الحيوية الكبيرة والمعروفة Macromolecules جزءاً هاماً فى علم الكيمياء الحيوية وتعتبر هذه الجزيئات الحيوية الأكثر انتشارا من حيث النسبة المئوية علي وجه الأرض، حيث تستطيع كل الكائنات الحية تخليقها. ويتكون معظمها عن طريق عملية البناء الضوئي التي يقوم بها النبات لتحويل الطاقة الضوئية إلي طاقة كيميائية والتي تستخدم بعد ذلك في تخليق الكربوهيدرات من ثاني أكسيد الكربون (عملية تثبيت الكربون).
تعرف الكربوهيدرات بأنها الدهيدات او كيتونات عديدة الهيدروكسيل Poly hydroxyl aldehyde or ketones، ويبين التحليل العنصري للكربوهيدرات انها تحتوى على ثلاث عناصر هى الكربون والايدروجين والاكسجين والرمز الأولي لها $C_{11}H_{2n}O_n$ ويوجد الايدروجين والاكسجين منها بنسبة وجودهما فى الماء (٢ : ١) ولذلك عرفت الكربوهيدرات باسم هيدرات الكربون ثم تحولت الى الكربوهيدرات.
وتلعب الكربوهيدرات العديد من الأدوار البيولوجية الهامة في الكائنات الحية المختلفة، حيث تعمل الجزيئات الكبيرة منها مثل النشا والجليكوجين كمخازن للطاقة تستخدم عند الحاجة إليها.
وتتناول الحيوانات الكربوهيدرات من الغذاء ثم تقوم بأكسدتها لإنتاج الطاقة اللازمة للقيام بعملياتها الحيوية المختلفة. كما تنتشر مشتقات الكربوهيدرات في العديد من الجزيئات الحيوية مثل قرائن الإنزيمات والأحماض النووية.
ويمكن تصنيف الكربوهيدرات علي أساس عدد وحدات السكرات البسيطة المكونة لها إلي:

١- السكرات الأحادية Monosaccharides:

وتعتبر أصغر وحدة بنائية للكربوهيدرات ويعود مصطلح كربوهيدرات إلي الصيغة البنائية التركيبية لهذه السكرات $(CH_2O)n$ أي تحتوي علي كربون ونسبة تواجد الهيدروجين والأكسجين كنسبتهما في الماء. وقيمة n = من ٣ إلي ٩ (أي تحتوي من ٣ إلي ٩ ذرات كربون) وإن كان معظم الكربوهيدرات تتواجد في صورة خماسية او سداسية (أي تحتوي ٥ أو ٦ ذرات كربون).
وتسمي السكرات الاحادية البسيطة لأنها لا يمكن تحليلها مائياً الى مركبات ابسط منها.

٢- السكرات الأوليجو Oligosaccharides:

عبارة عن بوليمرات تتكون من العديد من السكرات الأحادية (من ٢ إلي ٢٠ وحدة من السكر الأحادي) ومعظم السكرات الأوليجو المعروفة والمنتشرة في الطبيعة هي سكرات ثنائية (تتكون من وحدتين من السكر الأحادي). ويطلق عليها سكرات الاوليجو متجانسة اذا كانت من نوع واحد أو غير متجانسة اذا كانت من اكثر من نوع من السكر.

٣- السكرات العديدة Polysaccharides:

عبارة عن بوليمرات تحتوي علي أكثر من ٢٠ وحدة من وحدات السكر الأحادي.
وسواء السكرات الأوليجو أو العديدة لا تتبع الصيغة التركيبية العامة للكربوهيدرات $(CH_2O)n$ حيث يزال منها جزيئات ماء أثناء ارتباط وحدات السكر الأحادي مع بعضها مما يخل بهذه الصيغة التركيبية.

٤- مشتقات الكربوهيدرات Carbohydrate derivatives:

وهي مركبات حيوية تتكون من ارتباط الكربوهيدرات بجزيئات حيوية أخري مثل البروتين لتكون جليكوبروتين أو الببتيدات لتكون الجليكوببتيد أو الليبيدات لتكون الجليكوليبيد.

١- السكرات الأحادية Monosaccharides :

مركبات ذائبة في الماء تتميز بطعمها الحلو (مثل الجلوكوز والفركتوز) ولونها الأبيض وتوجد علي شكل بللورات صلبة، ومن الناحية الكيميائية فهي عبارة عن ألدهيدات عديدة الهيدروكسيل تسمي ألدوزات Aldoses أو كيتونات عديدة الكربوكسيل تسمي كيتوزات Ketoses ويضاف عادة مقطع (ose) في نهاية اسم السكر، كما انها تختلف باختلاف نوعية مجموعة الكربونيل (ألدهيد أم كيتون) وكذلك حسب عدد ذرات الكربون المكونة لها.
وأقل أفراد مجموعة السكرات الأحادية يحتوي علي ٣ ذرات كربون أحد هذه الذرات يمثل مجموعة الكربونيل والذرتان الأخريتان تحمل كل منهما مجموعة كربوكسيل.
وأول أفراد هذه العائلة من السكرات الثلاثية Trioses هو سكر الجلسر ألدهيد glyceraldehyde وهو سكر ألدهيدي يحتوي علي ثلاث ذرات كربون وتعتبر الألدوزات المحتوية علي أكثر من ثلاث ذرات كربون امتدادات لهذا السكر حيث يضاف إليه كربون محمل بهيدروكسيل H-C-OH بين مجموعة الكربونيل ومجموعة الكحول الأولي.

D-(+)-glyceraldehyde

D-(-)-erythrose D-(-)-threose

D-(-)-ribose D-(-)-arabinose D-(+)-xylose D-(-)-lyxose

D-(+)-allose D-(+)-altrose D-(+)-glucose D-(+)-mannose D-(-)-gulose D-(-)-idose D-(+)-galactose D-(+)-talose

أما أول أفراد هذه العائلة (Trioses) من السكرات الكيتونية Ketoses هو سكر الدايهيدروكسي أسيتون Dihydroxyacetone وهو سكر كيتوني يحتوي علي ثلاث ذرات كربون وتعتبر الكيتوزات المحتوية علي أكثر من ثلاث ذرات كربون امتدادات لهذا السكر حيث يضاف إليه كربون محمل بهيدروكسيل H-C-OH بين مجموعة الكربونيل ومجموعة الكحول الأولي .

```
   CH2OH
   |
   C==O
   |
   CH2OH
```

Dihydroxy acetone

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
  HO----C----H
        |
        CH2OH
```

L-Erythrose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Erythrose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
  HO----C----H
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Xylulose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
   H----C----OH
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Ribulose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
  HO----C----H
        |
  HO----C----H
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Tagalose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
   H----C----OH
        |
  HO----C----H
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Sorbose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
  HO----C----H
        |
   H----C----OH
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Fructose

```
        CH2OH
        |
        C==O
        |
   H----C----OH
        |
   H----C----OH
        |
   H----C----OH
        |
        CH2OH
```

D-Allolose

التسمية Nomenclature

١- تسمية السكرات التي تحتوي علي أقل من ٦ ذرات كربون في السلسلة الكربونية

تتميز السكرات عموماً فى تسميتها بإحتوائها على المقطع النهائى ose وذلك كما يتضح من الجدول التالى والذى يبين عدد ذرات الكربون والأسم العام والرمز الجزيئى لبعض السكريات الأحادية.

عدد ذرات الكربون		الأسم العام	الرمز الجزيئى
3	Tri	Triose	$C_3 H_6 O_3$
4	Tetra	Tetraose	$C_4 H_8 O_4$
5	Penta	Pentaose	$C_5 H_{10} O_5$
6	Hexa	Hexose	$C_6 H_{12} O_6$

وتشترك السكريات التابعة لكل قسم فى رمز جزىء واحد ولكنها تختلف فى نوع مجموعة الكربونيل فالتى تحتوى ألدهيد تسمى Aldose والتى تحتوى كيتون تسمى Ketose ويلاحظ الأسم العام يبدأ بالمقطع الذى يدل على نوع مجموعة الكربونيل فمثلاً السكريات التى مجموعتها الفعالة ألدهيد وتحتوى ستة ذرات كربون تسمى Aldohexose والتى تحتوى على مجموعة كيتون تسمى Ketohexose.

٢- تسمية السكرات التى تحتوى على أكثر من ٦ ذرات كربون فى السلسلة الكربونية

السكرات الأحادية ومشتقاتها الكحولية والتى يزيد فيها عدد ذرات الكربون عن ٦ ذرات الكربون يتبع فى تسميتها قواعد خاصة.

أ- الأسم العام للسكرات يشتق من عدد ذرات الكربون المكونة للسلسلة وهذا الأسم يأخذ فى الإعتبار طبيعة السكر.

Ketose	Aldose	N. of carbon atoms
heptulose	heptose	**7**
pctulose	octose	**8**
nonulose	nonose	**9**
decitulose	decitose	**10**

ب- يعبر عن التوزيع الفراغى والتركيب الكيماوى للسكر بلفظ يتكون من مقطعين أو أكثر.

ج- التوزيع الفراغى حول ذرات الكربون الغير متناسقة فى سكرات التتروز إلى الهكسوز تعتبر الأساس فى أختيار مقاطع اللفظ الدال على أسم السكر.

د- تقسيم السلسلة الكربونية المراد تسميتها لأقسام إعتبارية بحيث يشمل القسم الأول ذرات الكربون الغير متناسقة القريبة من المجموعة الفعالة للسكر سواء كان ألدهيدى أو كيتونى ويعبر عن التوزيع الفراغى على ما يماثله فى الهكسوز ، ويعبر المقطع الثانى عن التوزيع حول باقى ذرات الكربون الغير متناسقة بحيث لا تزيد عن ٤ ذرات كربون وعند زيادة العدد عن ٤ يستعمل مقطع ثالث للتعبير عن التوزيع حول ذرات الكربون الغير متناسقة وهكذا بحيث كل مقطع يعبر عن التوزيع حول ذرات الكربون للسكرات من التريوز إلى هكسوز تبعاً لعدد ذرات الكربون الغير متناسقة.

```
            CHO
             |
     H ——— C ——— OH
             |
    HO ——— C ——— H
             |
     H ——— C ——— OH
             |
     H ——— C ——— OH
             |
     H ——— C ——— OH
             |
           CH2OH
```

(D glycro D gluco Heptose)

إثبات التركيب الكيميائى للسكرات الأحادية:

لا تختلف الخطوات الأساسية في تعيين التركيب الكيميائي للسكرات المختلفة ، فهي تشمل:

تعيين الرمز الجزيئي – معرفة نوع وعدد وموضع المجموعات الفعالة – معرفة نوع السلسلة الكربونية عل هي متشعبة أو غير متشعبة – معرفة هل التركيب مفتوح أو حلقي.

١ – إثبات التركيب الكيميائي للألدوهكسوزات:

سوف نأخذ الجلوكوز كمثال أثناء الشرح للتعرف بالتفصيل علي تلك الخطوات وبالتالي يمكن تطبيق نفس الخطوات علي باقي السكرات الأحادية.

أولا: تعيين الرمز الجزيئى:

أولا يجرى تحليل وصفى وكمى لمعرفة نوع العناصر الداخلة فى تركيبه وكميتها ومن ذلك يمكن تعيين الرمز الجزيئى حيث ثبت أن الجلكوز يحتوى على C ، H ، O وأن الرمز الجزيئى له $C_6 H_{12} O_6$.

ثانياً: إثبات وجود المجموعات الفعالة

أ– إثبات وجود مجموعة الألدهيد:

يمكن إثبات ذلك باختبار نجاح تفاعل السكر (الجلوكوز) مع التفاعلات المختلفة المميزة لمجموعة الألدهيد من أكسدة واختزال أو تفاعل مع بعض المركبات.

فبأكسدة الجلوكوز بعوامل مؤكسدة ضعيفة مثل ماء البروم يتكون حامض ألدوني به مجموعة كربوكسيل واحدة علي ذرة الكربون الأولي وهو حامض الجلوكونيك Gluconic acid ، وباختزاله بواسطة مملغم الصوديوم يتكون سكر كحولي نتج من اختزال مجموعة الألدهيد بالسكر إلي مجموعة كحول أول دون تغيير في باقي الجزيء ليعطي سكر كحولي يعرف باسم السوربيتول Sorbitol.

```
  CH2oH                                   CHO                              CooH
    |                                      |                                 |
 (HCOH)4  <—— أختزال مملغم الصوديوم —— (HCOH)4 —— أكسدة بماء البروم Br2 ——> (HCOH)4
    |                                      |                                 |
  CH2OH                                  CH2OH                             CH2OH
```

Glucitol (Sorbitol)   Glucose   Gluconic acid

كم أنه بالتفاعل مع الهيدروكسيل أمين NH_2-oH يعطى أوكسيم وهذا التفاعل أيضا مميز للمجموعة الألدهيدية حيث لاينجح إلا مع المركبات التي تحتوي ألدهيد.

$$\underset{\text{Glucose}}{CHO-(HCOH)_4-CH_2OH} + NH_2\text{-}oH \xrightarrow{H_2O \uparrow} \underset{\text{Glucoxime}}{C{=}N-oH-(HCOH)_4-CH_2OH}$$

وكل ما سبق يثبت أن الجلوكوز يحتوى على مجموعة ألدهيدية

ب- إثبات وجود مجموعة هيدروكسيل الكحول الأول:

يتم ذلك بإجراء الأكسدة بواسطة المؤكسدات القوية مثل حمض النيتريك ٥٠٪.

$$\underset{\text{Glucose}}{CHO-(HCOH)_4-CH_2OH} \xrightarrow{HNo_3\ (50\%)} \underset{\text{Glucaric (سكاريك)}}{CooH-(HCOH)_4-CooH}$$

حيث يعطى الجلوكوز حامض سكاريك به مجموعتى كربوكسيل على كل من ذرتي الكربون رقم ١ ، ٦ فى طرفى الجزىء، وفي هذه الحالة نجد أن مجموعة الكربوكسيل الأولي ناتجة من أكسدة مجموعة الألدهيد ، في حين أن مجموعة الكربوكسيل علي ذرة الكربون السادسة فناتجة من أكسدة الكحول الأول ، ويرجع ذلك إلي أن هذه المجموعة تقاوم الأكسدة بالمؤكسدات الضعيفة مثل ماء البروم ، ولكنها تتأكسد بالمؤكسدات القوية مثل حمض النيتريك ٥٠% .

جـ- إثبات المجموعات الكحولية وعددها:

تتفاعل الكحولات مع اندريدات الأحماض أو كلوريداتها (مثل اندريد حمض الخليك أو كلوريد الخليك) وتكون استر ، فتكون مجموعة الاستر يدل علي وجود مجموعة الكحول الأول في المركب وعدد مجموعات الاستر يدل علي عدد مجموعات الكحول الموجودة بالجزيء ، فعند تفاعل الجلوكوز مع كلوريد الخليك يتكون مركب به خمسة مجموعات استر مما يدل علي وجود خمس مجموعات كحولية في جزيء الجلوكوز ، وعلي هذا الأساس لو أن السكر الكحولي الناتج من اختزال الجلوكوز (السوربيتول) تفاعل مع كلوريد الخليك ينتج مركب به ستة مجموعات استر.

$$\underset{\text{Glucose}}{CHO-(HCOH)_4-CH_2OH} \xrightarrow{\text{أختزال مملغم الصوديوم}} \underset{\text{Sorbitol}}{CH_2oH-(HCOH)_4-CH_2OH} \xrightarrow[P]{CH_3-C(=O)-CL} \underset{\text{سداسى خلات الجلكوز}}{CH_2-O-C(=O)-CH_3 \;/\; (CH-O-C(=O)-CH_3)_4 \;/\; CH_2-O-C(=O)-CH_3}$$

ومجموعات الهيدروكسيل موزعة علي ذرات الكربون من الثانية إلي السادسة بحيث توجد مجموعة هيدروكسيل واحدة علي كل ذرة ، وذرات الكربون من الثانية حتي الخامسة في جزيء السكر عليها مجموعات كحول ثاني ، ولكن ذرة الكربون السادسة كما سبق عليها مجموعة كحول أول.

ثالثا: إثبات عدم تشعب السلسلة الكربونية:

معظم السكرات الأحادية المعروفة ذات سلسلة غير متشعبة ويمكن اثبات ذلك بمعاملة السكر الكحولي الناتج من اختزال الجلوكوز (السوربيتول) بواسطة حمض الهيدرويوديك HI فى وجود الفوسفور فيحدث إختزال المجاميع OH وتستبدل بذرات أيدروجين ويعطى مركب سلسلته الكربونية غير متشعبة وبه ذرة يود متصلة بذرة الكربون الثانية وهو مركب ٢- أيودوهكسان (2-Ido hexane) مما يدل على أن السكر الذى تكون منه يحتوى على سلسلة غير متشعبة.

CHO — $(HCOH)_4$ — CH_2OH —(أختزال مملغم الصوديوم)→ CH_2OH — $(HCOH)_4$ — CH_2OH —(HI / P)→ CH_3 — H—C—I — $(CH_2)_3$ — CH_3

Glucose　　　Sorbitol　　　2-Iodo hexane

٢- إثبات التركيب الكيميائى للكيتوزات:

تعطي الكيتوزات تفاعلات الكحولات كما هو الحال في حالة الألدوزات ويمكن اختزالها إلي سكرات كحولية وتعطي تفاعلات مجموعة الكربونيل ، ولإمكانية اثبات تركيبها الكيميائي يتطلب ذلك معرفة موضع المجموعة الكيتونية ولمعرفة موضع المجموعة الكيتونية فبأكسدة الفركتوز بحامض النيتريك ٥٠٪ يعطى حمض أكساليك وحمض طرطريك.

CH_2OH — C=O — HO—C—H — H—C—OH — H—C—OH — CH_2OH —(HNo_3 (50%))→ CooH — CooH + CooH — H—C—OH — H—C—OH — CooH

Fructose　　　حمض أوكساليك　　　حمض(طرطريك)

وهذه النتيجة تعطي احتمال وجود مجموعة الكيتون علي ذرة الكربون الثانية أو الثالثة ، ففي كلتا الحالتين يمكن أن تتكون نفس المركبات بالأكسدة تحت هذه الظروف حيث أن أكسدة الكيتون يتسبب عنها كسر الجزيء بين مجموعة الكربونيل وبين ذرة الكربون المجاورة علي أحد جانبيها.

ولكن باختزال الفركتوز يتكون السكر الكحولي سوربيتول وهو الذي ينتج ايضا من اختزال الجلوكوز ، وهذه النتيجة توضح أن مجموعة الكربونيل موجودة علي ذرة الكربون الثانية ، حيث أن الفركتوز يحنوي علي مجموعة كيتونية وليست مجموعة ألدهيدية.

Fructose $\xrightarrow{\text{Reduction}}$ Sorbitol

التشابه الضوئى فى السكريات الأحادية :

نظراً لإحتواء السكريات الأحادية على ذرات كربون غير متناسقة فهى تؤثر فى الضوء المستقطب وتعطى مشابهات ضوئية وتتوقف عدد المشابهات الضوئية لمركب على عدد ذرات الكربون الغير متناسقة فى الجزىء فمثلاً المركب الذى يحتوى على ذرة كربون واحدة غير متناسقة يوجد له متشابهين ضوئيين يرمز لأحدهما بالرمز (م) (D) والآخر (ى) (L) وليس للرمز (م) أو (ى) علاقة بتحويل المركبات للضوء المستقطب فبعض المشابهات (م) تحول الضوء المستقطب إلى اليسار وبعض المشابهات (ى) تحول الضوء المستقطب إلى اليمين.

ولكن يرمز لتحويل الضوء بالعلامة (+) فى حالة تحويلة لليمين وبالعلامة (-) فى حالة تحويلة لليسار.

D-Glucose L-Glucose

طرق كتابة رموز السكرات الأحادية :

١ – التركيب المفتوح (طريقة فيشر Fischer method):

اقترح العالم فيشر Fischer طريقة بسيطة لكتابة رموز السكرات المختلفة حيث افترض أن السكر يتكون من سلسلة كربونية ترتبط مع بعضها بروابط مستقيمة ويتعامد عليها مجموعات الهيدروكسيل المرتبطة بها.

وحسب هذه الطريقة فإن السكرات الألدهيدية تمثل مجموعة الألدهيد ذرة الكربون الأولي في الجزيء وتأخذ رقم (١) في حين تمثل أخر ذرة كربون في السلسلة الكربونية مجموع كحول أول، وتقع باقي ذرات الكربون بينهما.

أما في السكرات الكيتونية فتمثل أول وأخر ذرة كربون مجموعتي كحول أول ، في حين تكون مجموعة الكيتون علي الذرة رقم (٢).

كما اقترح فيشر Fischer أن يرمز للكحول الأول برمز دائرة في حين يرمز لمجموعة الألدهيد برمز مثلث، أما مجاميع الهيدروكسيل فيرمز لتوزيعها الفراغي علي صورة خطوط قصيرة عمودية علي الخط الرئيسي الذي يمثل السلسلة الكربونية حيث يمثل اتجاه هذه الخطوط القصيرة مكان وجود مجموعة الهيدروكسيل وفيما يلي رموز بعض السكرات بطريقة فيشر:

D-Glucose
(Fischer projection)

D-Ribose
(Fischer projection)

٢- التركيب الحلقي (طريقة هاورث Haworth method)

بعد ان عبر فيشر عن السكرات بالرمز المفتوح ظهر أنه هناك بعض الخواص الطبيعية والكيميائية للسكرات لا يمكن تفسيرها إذا اعتبرنا أن السكرات توجد علي الشكل الذي حدده العالم فيشر Fischer ومن هذه الخواص مايلي:

١- لا تعطى الألدوزات (السكرات الألدهيدية) إختبار شف مع أنه أختبار عام لجميع الألدهيدات ومن هنا يمكن أن نستنتج أن مجموعة الألدهيد فى الجلكوز أو أى سكر ألدهيدى غير حرة أى لا تكون مرتبطة بشكل آخر مخالف للصورة الألدهيدية ذات السلسلة المفتوحة.

٢- يتفاعل جزىء واحد من السكرات الأحادية مع جزىء واحد من الكحولات مع أن جزىء الألدهيد يتفاعل مع جزيئين كحول ليعطى أسيتال.

٣- عند إذابة السكرات فى الماء يتغير التحويل الضوئى لمحاليلها حتي يصل إلى درجة معينة فمثلاً عند إذابة (م)- جلكوز فى الماء مباشرة يحول الضوء المستقطب بدرجة (+ ١١١ ْ) وتتغير هذه الدرجة بالنقص حتى تصل إلى (+ ٥٢.٥ ْ) وتسمى هذه التغيرات " بظاهرة تغير التحويل الضوئى ".

ومن هنا قام العالم هاورث Haworth (الحاصل علي جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٣٧) في التفكير في الشكل الحلقي للسكرات حيث يفسر هذه الخواص التركيب الحلقى للسكرات الأحادية الذى ينتج من إتحاد مجموعة الكربونيل سواء كانت ألدهيد أو كيتون مع مجموعة أيدروكسيل فى نفس الجزىء ليكون هيمى أسيتال داخلى او هيمي كيتال داخلي وتصبح مجموعة الألدهيد مرتبطة وليست حرة كما فى الألدهيد العضوى وهذا يفسر أوجة الأختلاف السابقة.

والإتحاد يتم على ذرة الكربون رقم ٤ أو ٥ حيث يعطى فى الحالة الأولى حلقة خماسية تسمى فيرانوز Furanose وذلك بالنسبة للمركب العضوى Furan (المحتوى على أربعة ذرات كربون) وفى الحالة الثانية يعطى حلقة سداسية pyranose نسبة إلى المركب العضوى Pyran (المحتوى على خمس ذرات كربون).





وتوضح المعادلات التالية طريقة تحويل رمز فيشر إلي رمز هاورث متخذا الجلوكوز كمثال:

D-Glucose
(Fischer projection)

α-D-Glucopyranose
(Haworth projection)

β-D-Glucopyranose
(Haworth projection)

خواص السكرات الأحادية في المحاليل:

١- السكرات الأحادية مواد صبة عديمة اللون ومتبلورة وتذوب بسهولة في الماء في حين لا تذوب في المذيبات غير القطبية مثل البنزين والإيثير ، ويمكن أيضا إذابتها فب محلول كحولي ٨٠% .

وتمتاز محاليلها بأنها حلوة المذاق وتختلف درجة حلاوتها باختلاف نوع السكر ، وبصفة عامة فإن أكثرها حلاوة هو سكر الفركتوز.

٢- نتيجة لاحتواء السكرات الأحادية علي ذرات كربون غير متناسقة Asymmetric carbon مما يجعل هذه السكرات نشطة ضوئيا (أي لها القدرة علي تحويل الضوء المستقطب سواء إلي اليمين أو اليسار) وبصفة عامة يمكن قياس درجة التحويل الضوئي بواسطة جهاز البولاريميتر.
ويميز التحويل الضوئي اتجاه اليمين بالإشارة (+) أم الاتجاه لليسار (-).
وتتميز السكرات الأحادية بظاهرة تسمي التغير في التحويل الضوئي **Mutarotation** حيث تتغير درجة التحويل الضوئي (بالزيادة او النقصان) في محليل السكرات الأحادية وبعض السكرات الأخري مثل المالتوز واللاكتوز (أي تحدث للسكرات المختزلة التي تحتوي علي مجموعة هيمي أسيتال اوهيمي كيتال حرة) وتحدث هذه الظاهرة بعد إذابة السكرات مباشرة في المحلول.
فمثلا نجد أن درجة التحويل الضوئي لسكر α - D – glucopyranose عند إذابته مباشرة في الماء تساوي (+ ١١١.٥) ثم تتناقص تدريجيا حتي تصل إلي (+ ٥٢.٥) وتثبت عند هذه الدرجة الجديدة ، في حين أن المشابه β – D – glucopyranose عند إذابته في الماء تكون درجة تحويله الضوئي (+ ١٩) ثم تزداد تدريجيا حتي تصل إلي (+ ٥٢.٥).
وسبب حدوث هذه الظاهرة حدوث بعض التغيرات في البناء الكيميائي للسكر نتيجة لتغير تركيبه الحلقي.

α D glucopyranose	⟶	نقطة الثبات	⟵	β D glucopyranose
+ 111.5	⟶	52.5 º	⟵	+ 19

فنجد أن ألفا جلكوز تقل درجة تحويله بإستمرار حتى تصل لنقطة الإتزان بينما يحدث العكس فى البيتا جلكوز وتفسير ذلك يتحول أحد المتشابهين (ألفا وبيتا) إلى الآخر بإنفتاح الحلقة ثم تكوينها ثانية ويصحب ذلك تغير فى وضع مجموعة OH على ذرة الكربون الهيمى أسيتال وبذلك يتكون المتشابه الآخر وتحدث هذه الظاهرة أيضاً نتيجة تغير نوع الحلقة من Pyranose إلى Furanose أو العكس حيث تنفتح الحلقة ثم تقفل مكونة التركيب الحلقى الآخر.

CH_2OH ... OH

α D glucopyranose ⟶ فتح الحلقة ⟵ β D glucopyranose

٣- تأثير الأحماض المعدنية على السكريات الأحادية:
يتوقف التأثير على عدة عوامل هى:-
١- تركيز الحامض.
٢- درجة الحرارة.
٣- نوع السكر.
فالأحماض المعدنية المخففة على البارد ليس لها تأثير على السكريات الأحادية أو العديدة أما الأحماض الأكثر تركيزاً فى وجود نسبة كبيرة من السكر الأحادى تحدث ما يسمى بعملية Reversion (اتحاد سكرين) وتحدث على البارد أو بالتسخين الخفيف مع تكوين سكر ثنائى ثم عديد.
يحدث تفحم للسكريات الأحادية عند غليها مع الأحماض المعدنية بتركيز ١.٥ عيارى لحامض HCl ، H_2So_4 بينما السكريات العديدة تتحلل مائياً إلى مكوناتها الأساسية من السكر الأحادى.
تقوم الأحماض المعدنية متوسطة التركيز (١٢%) مثل HCl, H_2So_4 على البارد بنزع ثلاث جزيئات ماء من السكر الأحادى وتعطى نوعين من المركبات الحلقية حسب نوع السكر فيتكون من السكر الخماسى فورفورال Furfural ومن السكر السداسى ميثيل هيدروكسى فورفورال Methyl Hydroxy Furfural سواء كان السكر ألدهيدى أو كيتونى.

Aldo pentose → Furfural

Aldo hexose → Methyl hydroxyl Furfural

٤- تأثير القلويات على السكريات الأحادية.

السكريات الأحادية حساسة جداً للقلويات ويعتمد التأثير على تركيز القلوى ومدة التعرض له ووجود الحرارة وأيضاً نوع السكر ألدهيدى أو كيتونى.

ويتلخص تأثير القلويات فى النقاط الأتية:

١- عند إضافة كميات قليلة من القلوى يحدث:

أ- تتأكسد المجموعة الألدهيدية فى وجود أكسجين الهواء الجوى وينتج أحماض سكرية.

ب- تغير فى التركيب البنائى للسكر نتيجة إنتقال بعض الذرات من موضعها إلى موضع آخرفى الجزىء وتتكون أنواع أخرى من السكرات لها نفس العدد من ذرات الكربون وتكوين مشابهات فى المحلول

٢- عند زيادة تركيز القلوى يحدث كسر فى الجزىء وتكوين مركبات ذات وزن جزيئى صغير

Aldo tetrose ← Aldo hexose → Aldo pentose

ومن أهم التغيرات السابق ذكرها هى التغيرات التى تحدث نتيجة لإنتقال بعض ذرات الهيدروجين من موضع لموضع آخر فى الجزىء ويحدث هذا الإنتقال فى المركبات التى تحتوى على مجموعة ألدهيد أو كيتون مجاورة لذرة كربون تحمل ذرة أيدروجين ويسمى هذا التغير Lobry de Bruyn rearrangement أو التغير الإينولى.

تركيب ألدهيدى أو كيتونى ⟷ تركيب إينولى

وهذه الظاهرة مهمة جداً حيث أفادت فى تخليق سكريات جديدة كما أنها أظهرت وجود علاقة بين السكريات الألدهيدية والكيتونية التى تختلف فى ذرات الكربون رقم ١ ، ٢ ومتشابة فى باقى الجزىء حيث تتحول هذه السكرات إلى بعضها البعض فى الوسط القلوى المخفف.

جلكوز ← مركب إينولى → فركتوز

↓

مانوز

D Fructose ⟷ Enol form ⟷ D-glucose

↕

D-Mannose

أى أن هذه السكرات تشترك بأن لها مركب إينولى واحد فعند معاملة محلول أحد هذه السكرات بقلوى مخفف (٥٪) وبعد فترة من الزمن وبمعادلة القلوى نجد أن المحلول يحتوى على خليط من السكرات الثلاثة.

طرق دراسة التركيب الكيميائي للسكرات:

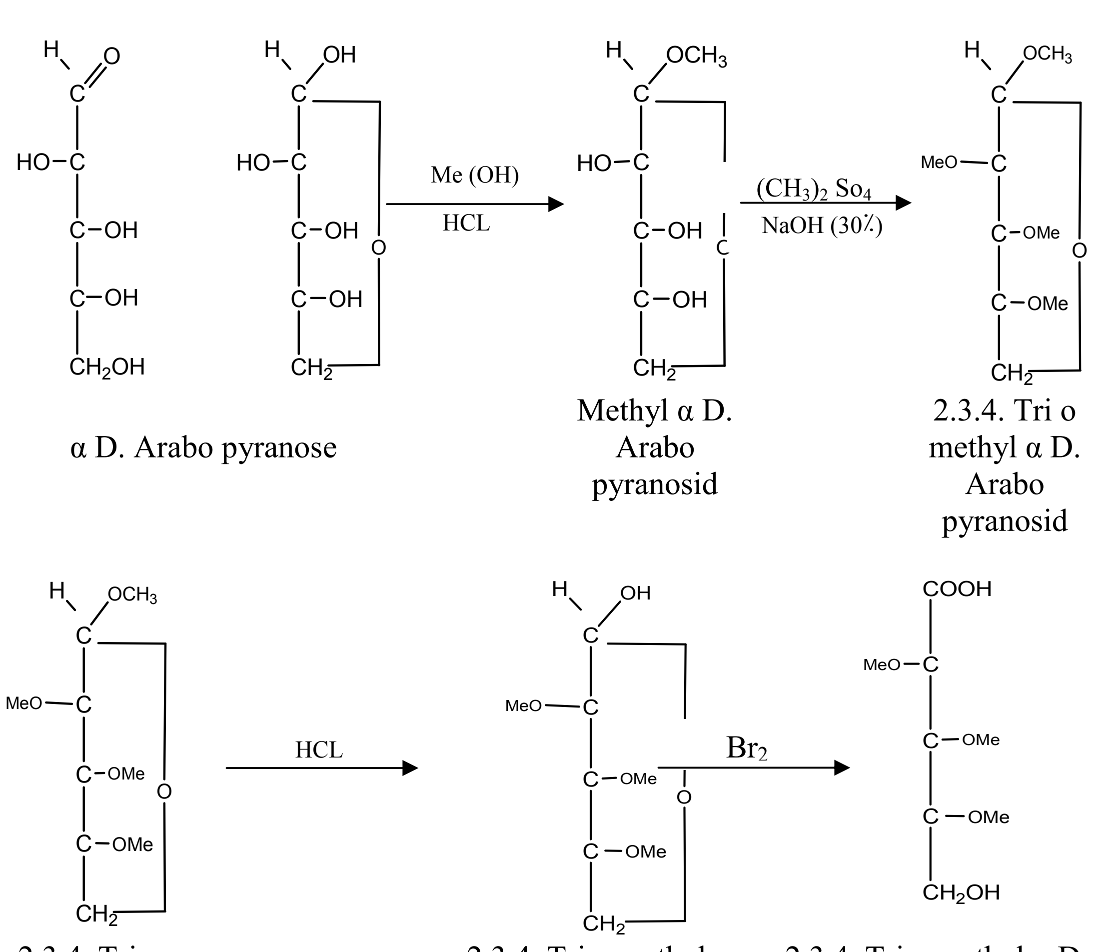
يوجد العديد من الطرق المستخدمة في دراسة التركيب الكيميائي للسكرات فهناك طرق إنزيمية وأخري مناعية كما توجد طرق تعتمد علي التحليل المائي الكامل أو الجزئي أو بالأستلة ومن اهم الطرق المستخدمة في دراسة التركيب الكيميائي للسكرات طريقتين:

١- الدراسة بالميثلة
٢- الأكسدة بالمؤكسدات المتخصصة مثل البيرأيوديت Periodate ، ورابع خلات الرصاص Lead acetate.

أولا: دراسة السكرات بطريقة الميثلة:

وتتم عملية الميثلة باستخدام كبريتات ثنائي الميثيل – هيدروكسيد الصوديوم ٣٠%.

١- دراسة السكرات الخماسية في الوضع بيرانوز (Pyranose form):



α D. Arabo pyranose — Methyl α D. Arabo pyranosid — 2.3.4. Tri o methyl α D. Arabo pyranosid

2.3.4. Tri o methyl α D. Arabo pyranosid — 2.3.4. Tri o methyl α D. Arabo pyranose — 2.3.4. Tri o methyl α D. Arabononic

من خواص الأحماض الألدونية بالتسخين تعطى لاكتون (دلتا لاكتون) غير ثابت ويعرف من التغير فى التحويل الضوئى

(دلتا لاكتون)

إذن أذا كانت مجاميع (OH) حرة على ذرة كربون ٥ كونت ما يسمى دلتا لاكتون. وأذا كانت مجاميع (OH) حرة على ذرة كربون ٤ كونت ما يسمى جاما لاكتون وهو مركب ثابت ويعرف ذلك فى التحويل الضوئى.

٢ – دراسة السكرات الخماسية في الوضع فيرانوز (Furanose form):

α D. Arabo Furanose —[Me (OH) / HCL]→ Methyl α D. Arabo Furanosid —[$(CH_3)_2$ So_4 / NaOH (30٪)]→ 2.3.5. Tri o methyl α D. Arabo Furanosid

2.3.5. Tri o methyl α D. Arabo Furanosid —[HCL]→ 2.3.5. Tri o methyl α D. Arabo Furanose —[Br_2]→ 2.3.5. Tri o methyl α D. Arabononic → Gama Lacton جاما لاكتون أكثر ثباتاً

ملحوظة:

السكرات الكيتونية فى التركيب الخماسى فيرانوز أكثر ثباتاً من التركيب السداسى بيرانوز

السكرات الألدهيدية (٥ ذرات كربون) فى التركيب الخماسى فيرانوز أكثر ثباتاً من التركيب السداسى بيرانوز.

٣- دراسة السكريات السداسية في الوضع بيرانوز **(Pyranose form):**

Me (OH) / HCL → ; $(CH_3)_2 SO_4$ / NaOH (30٪) →

α D. Gluco pyranose

Methyl α D. Gluco pyranosid

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluco pyranosid

HCL → ; Br_2 →

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluco pyranosid

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluco pyranose

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluconic

فقد جزيء ماء بالتسخين → ; HNO3 →

2.3.4.6 Tetra o methyl α D. Gluconic

Delta Lacton

Arabinonic

٤- دراسة السكرات السداسية في الوضع فيرانوز (Furanose form):

α D. Gluco Furanose

$\xrightarrow[HCL]{Me(OH)}$

Methyl α D. Gluco Furanosid

$\xrightarrow[NaOH\ (30\%)]{(CH_3)_2SO_4}$

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluco Furanosid

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluco Furanosid

$\xrightarrow{HCL}$

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluco Furanose

$\xrightarrow{Br_2}$

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluconic

2.3.5.6 Tetra o methyl α D. Gluconic

فقد جزيء ماء بالتسخين

Gama Lacton

$\xrightarrow{HNO3}$

Tartaric acid

ثانياً: دراسة السكرات عن طريق الأكسدة بالمؤكسدات المتخصصة.

يستعمل حامض فوق الأيوديك Periodate أو خلات الرصاص Lead acetate

تعتمد هذه الطريقة على كسر الحلقة فى المواقع المتجاورة والتى بها مجموعات أيدروكسيل منفردة وبدراسة تركيب نواتج الأكسدة يمكن معرفة موضع إرتباط تكوين الحلقة.

وتوضح هذه الطريقة سلسلة التفاعلات التى أجريت على أحد جليكوسيدات سكرات الألدوهكسوزات methyl m.glucosid فمعاملته بحامض فوق الأيوديك يحدث أكسدة وانفصال الرابطة بين ذرتى الكربون C3-C2 وكذلك ما بين C4-C3 ونتيجة لذلك تنفصل C3 وما عليها من مجموعة كحول تحت تأثير العامل المؤكسد وتنفرد على صورة حامض فورميك أما باقى الجزىء فهو يشمل على C2-C1 ، C6- C5-C4 وكلاهما ما زال مرتبط على حالة أسيتال مع كحول الميثيل.

وهذا المركب يحتوى على مجموعة ألدهيد نتيجة الأكسدة المتخصصة إحداهما على C2 والثانية على C4 ويتحلل المركب ثنائى الألدهيد مائياً وينفصل منه الجزىء C2-C1 ، على حالة جليكوأكسال وينفصل منه جزىء C6- C5-C4 على حالة م. ألدهيد الجلسرول.

$\xrightarrow{2HIO_4}$ → CHO–CHO + CH_3OH + $HOC-CHOH-CH_2OH$

Methyl α m glucosid — جلسرالدهيد — جليكواكسال

نلاحظ أنه لو كان المركب فى التركيب المفتوح

$$\text{Glucose} \xrightarrow{5HIO} 5\ HCOOH + HCHO$$

Glucose

يلاحظ أن جميع سكرات الألدوهكسوزات (D) فى الحلقة بيرانوز تعطى نفس المركبات بأكسدتها بالمؤكسدات المنخفضة مثل حامض فوق أيوديك **Periodic acid (HIO_4)** وهذا يثبت العلاقة البنائية بينهما.

وكذلك جميع السكرات فى الصورة L تعطى نفس المركبات.

وفى حالة السكرات الخماسية الحلقة فيرانوز بالتفاعل مع حامض فوق أيوديك

$\xrightarrow{2HIO_4}$

Methyl α m glucosid

وبالتالى لا يوجد فرق بين سكرات بنتو بيرانوز والهكسو بيرانوز من حيث استهلاك السكرات الخماسية والسداسية من حامض فوق أيوديك **Periodic acid (HIO_4)** وإنتاج حامض الفورميك.

فى حالة الألدوهكسوزات فى التركيب الحلقى الخماسى

يلاحظ أنه يحدث كسر ما بين C6- C5 وينتج جزىء فورمالدهيد من الكحول الأول الموجود على ذرة الكربون رقم ٦ ولا ينتج حامض فورميك وبالتالى يمكن التفرقة ما بين الهكسوبيرانوز والهكسوفيرانوز.

Methyl α m glucosid $\xrightarrow{2HIO_4}$ مركب ثلاثى الألدهيد + HCHO فورمالدهيد

سكرات خماسية فى الوضع فيرانوز

يلاحظ أن جميع السكرات الخماسية فى الحلقة الخماسية فيرانوز تعطى نفس النتائج كما يلاحظ أن ميثيل جليكوسيدات سكرات م بنتوز وفى الحلقة فيرانوز تعطى نفس المركب الناتج من ميثيل جليكوسيد هذه الألدوهكسوزات.

فى الحلقة بيرانوز فى الصورة م أو الصورة ى

إلا أنه لا تنتج وحدة حامض فورميك من أكسدة أنواع م بنتوزات فى الحلقة الخماسية لعدم وجود مجاميع هيدروكسيل متجاورة ومنفردة.

وفى كل الحالات السابقة ينتج من جليكوسيدات المتشابهات الضوئية م بعد الأكسدة بالمؤكسدات المتخصصة والتحليل المائى م جلسروز ومن جليكوسيدات المتشابهات الضوئية ى ينتج ى جلسروز وهذا إثبت مؤكد للعلاقة البنائية بين السكريات الأحادية.

دراسة الجزىء الناتج

من الناحية العملية يصعب تواجد ثنائى الألدهيد الناتج من أكسدة جليكوسيدات السكرات بالمؤكسدات المتخصصة ولهذا فيجرى تحوير لمجموعات الألدهيد قبل إجراء التحليل المائى وذلك بأكسدتها بماء البروم وتحويلها إلى مجموعات كربوكسيل أو يجرى التحوير بإختزال مجموعات الألدهيد إلى مجموعات كحول عن طريق صوديوم بوروهيدريت ($NaBH_4$).

سكر سداسى (هكسوز) فى التركيب الحلقى السداسى (بيرانوز).

$\longrightarrow$ $\xrightarrow{NaBH_4}$

مركب ثنائى الإيثيلين $\xrightarrow{\text{تحليل مائى}}$ جلسرول (CH_2OH–CH_2OH) + ألدهيد الجليكول (CHO–CH_2OH) + CH_3OH

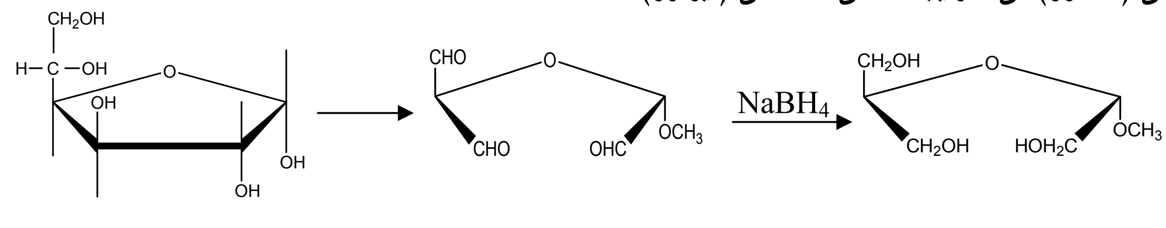
سكر خماسى (بنتوز) فى التركيب الحلقى السداسى (بيرانوز).

H, H, OH, OH, OH, OH, O → OHC, H, H, O, H, OHC, OH $\xrightarrow{NaBH_4}$ HOH_2C, H, H, O, H, HOH_2C, OH

HOH_2C, H, H, O, H, HOH_2C, OH $\xrightarrow{\text{تحليل مائى}}$ CH_2OH–CH_3OH CHO–CH_2OH + CH_3OH

مركب ثنائى الإيثيلين   إيثيلين الجليكول   ألدهيد الجليكول   كحول ميثيل

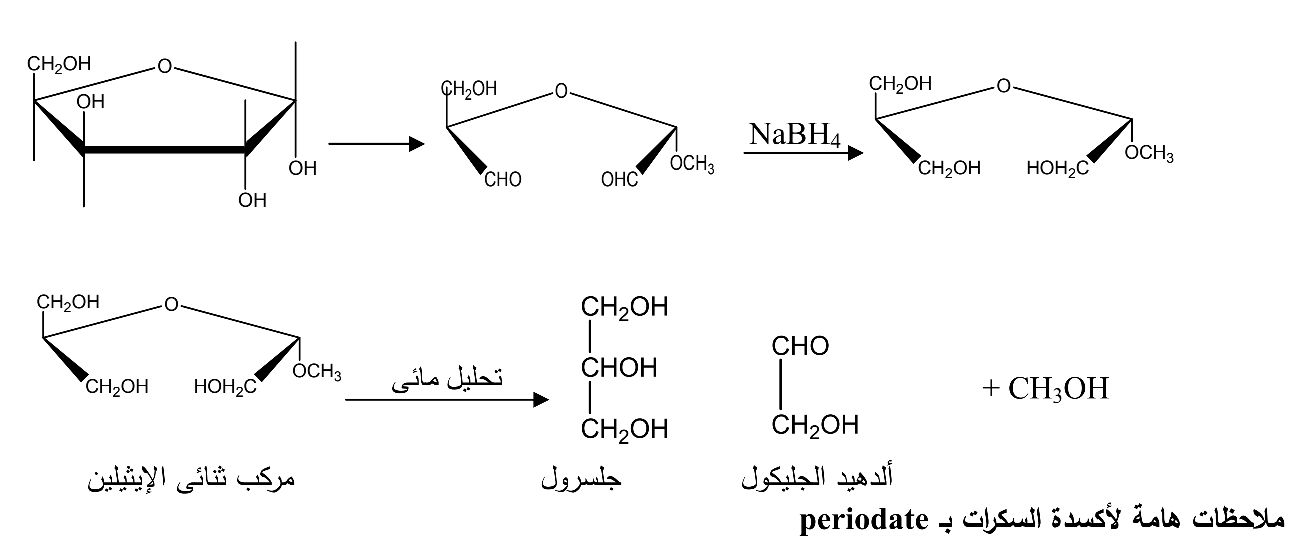
سكر سداسى (هكسوز) فى التركيب الحلقى الخماسى (فيرانوز).



CH_2OH, O, CH_2OH, HOH_2C, OCH_3 $\xrightarrow{\text{تحليل مائى}}$ CH_2OH–CHOH–CH_2OH CHO–CH_2OH + CH_3OH

مركب ثنائى الإيثيلين   جلسرول   ألدهيد الجليكول

سكر خماسى (بنتوز) فى التركيب الحلقى الخماسى (فيرانوز).



ملاحظات هامة لأكسدة السكرات بـ periodate

١. لا تستطيع التفرقة بين سكر سداسى بيرانوز وسكر خماسى بيرانوز حيث أن كل منهما يعطى جزىء حامض فورميك.
٢. يمكن التفرقة بين سكر سداسى بيرانوز وسكر وسكر سداسى بيرانوز حيث أن السكر السداسى بيرانوز يعطى فورميك HCOOH والفيرانوز يعطى فورمالدهيد HCHO.
٣. يمكن التفرقة بين سكر سداسى فيرانوز وخماسى بيرانوز حيث أن السداسى يعطى فورمالدهيد HCHO بينما السكر الخماسى لا يعطى فورمالدهيد.
٤. يمكن التفرقة بين السكر الخماسى بيرانوز والفيرانوز حيث أن البيرانوز ينتج HCHO بينما السكر الخماسى فيرانوز لا ينتج فورمالدهيد أو حتى CHO.

ومن دراسة الجزىء الناتج من الأكسدة يمكن

١. التفرقة بين سكر سداسى بيرانوز وسكر خماسى بيرانوز ينتج كحول ميثايل حيث أن السكر السداسى بيرانوز ينتج كحول ميثيل وألدهيد الجليكول وجلسرول فى حين السكر الخماسى بيرانوز ينتج كحول ميثيل وألدهيد الجليكول وايثيلين الجليكول.
٢. لا يمكن التفرقة بين سكر سداسى بيرانوز وسكر سداسى فيرانوز حيث أن نواتج كل منهما واحدة
٣. لا يمكن التفرقة بين سكر سداسى وسكر خماسى خماسى فيرانوز وسكر سداسى بيرانوز حيث أن نواتج كل منهما واحدة.
٤. يمكن التفرقة بين سكر خماسى بيرانوز وسكر خماسى فيرانوز حيث أن نواتج السكر الخماسى بيرانوز كحول ميثيل وألدهيد الجليكول و... بينما السكر الخماسى فيرانوز كحول ميثيل وألدهيد الجليكول وجلسرول.

أمثلة لأهم أنواع السكرات الأحادية

أولا: البنتوزات Pentoses:

وهي السكرات الأحادية التي تتكون من سلسلة كربونية بها ٥ ذرات كربون وهي تضم نوعين من السكرات:

١- الألدوبنتوزات Aldopentoses : وهي البنتوزات التي تحتوي علي مجموعة ألدهيد علي ذرة الكربون رقم (١) وتشمل سكرات الأرابينوز Arabinose والليكسوز Lyxose والريبوز Ribose والزيلوز Xylose .

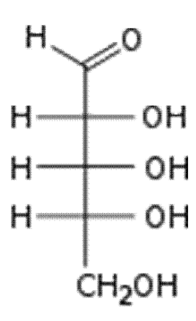
٢- الكيتوبنتوزات Ketopentoses: وهي البنتوزات التي تحتوي علي مجموعة كيتون علي ذرة الكربون رقم (٢) وتشمل سكرات الريبيولوز Ribulose الزيلولوز Xylulose .

ومن اهم البنتوزات:

١- الريبوز Ribose:

سكر خماسي ألدهيدي والصورة الشائعة الوجودة منه هو الصورة D- Ribose أما الصور L- Ribose فهي غير منتشرة في الطبيعة ويعتبر الصمغ العربي من المصادر النباتية لسكر الريبوز.

ومن الناحية البيولوجية فإن لهذا السكر أهمية كبيرة خحيث يعتبر من المركبات الوسطية في عمليات التمثيل الغذائي للكربوهيدرات وتعود اهميته في أنه يدخل في تركيب الأحماض النووية كما انه يدخل في بناء العديد من الجزيئات الحيوية الهامة مثل ATP , NAD, NADP .



D- Ribose

وداخل الأنظمة البيولوجية لابد أن يحدث فسفرة لسكر الريبوز لكي ينشط ويتم ذلك بمساعدة إنزيمات Ribokinase حيث تحوله لمركب ريبوز ٥- فوسفات Ribose-5-phosophate الذي يدخل في بناء الأحماض الأمينية التربتوفان والهيستدين ، كما يدخل في أحد مسارات تمثيل الكربوهيدرات يعرف ب Pentose phosphate pathway.

٢- الريبويلوز Ribulose:

سكر خماسي كيتوني والصورة الشائعة منه هي الصورة D-Ribulose ويتكون هذا لسكر كمركب وسطي خلال دورة Pentose phosphate pathway ، وبصفة عامة يعتبر هذا السكر شديد الأهمية في تكوين العديد من المركبات الحيوية الهامة (حيث يعتبر مركب وسيط في عملية إنتاج الأرابيتول Arabitol production في الفطريات المنتجة للأرابيتول.
والصورة الصناعية منه تسمي Sucroribulose وهي توجد في المحليات الصناعية.

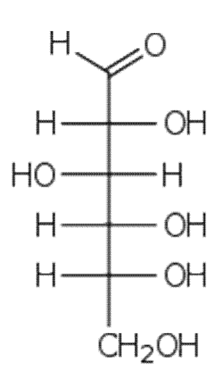
D- Ribulose

٣- الأرابينوز Arabinose:
سكر خماسي ألدهيدي ويتواجد في الصورتين D , L وعلي غير المتوقع فإن الصورة L- Arabinose هي الأكثر انتشارا في الطبيعة حيث تعتبر أحد المكونات الهامة في مركبات الهيمي سليولوز والبكتين ، وهو بوجد في الصمغ العربي Gum Arabic حيث يسهل فصله من الصمغ العربي.
ويدخل في تركيب البيئات التي تنمي عليها البكتريا لذا فله استخدانات هامة في مجال البيوتكنولوجي والميكروبيولوجي.

D-(-)-Arabinose L-(+)-Arabinose

ثانيا: الهكسوزات Hexoses:
وهي السكرات الأحادية التي تتكون من سلسلة كربونية بها ٦ ذرات كربون وهي تضم نوعين من السكرات:
١- **الألدوهكسوزات Aldohexoses**: وهي الهكسوزات التي تحتوي علي مجموعة ألدهيد علي ذرة الكربون رقم (١) وتشمل سكرات الألوز Allose ،الألتروز Altrose ، الجلوكوز Glucose ، المانوز Mannose ، الجيولوز Gulose ، اللأيدوز Idose ، الجلاكتوز Galactose ، التالوز Talose.
٢- **الكيتوهكسوزات Ketohexoses**: وهي الهكسوزات التي تحتوي علي مجموعة كيتون علي ذرة الكربون رقم (٢) وتشمل سكرات البسكوز Psicose ، الفركتوز Fructose ، السوربوز Sorbose ، التاجاتوز Tagatose .
ومن اهم الهكسوزات:
١- الجلوكوز Glucose:

سكر سداسي ألدهيدي ويتواجد عادة في صورة D – Glucose حيث تمثل الصورة الأكثر انتشارا في الطبيعة ، ويعتبر أهم السكرات علي الاطلاق حيث يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة للخلايا الحيوانية بصفة عامة كما أنه يمثل أهم نواتج البناء الضوئي في النبات.
وهو عبارة عن بللورات صلبة سريعة الذوبان في الماء وينتشر بكثرة في المملكة النباتية والحيوانية علي حد سواء، وعلي المستوي التجاري يسهل الحصول عليه من تحليل النشا بواسطة الانزيمات.

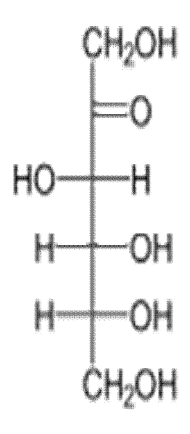


D- Glucose

ويتم التخليق الحيوي للجلوكوز في النبات حيث يعتبر ناتج عملية البناء الضوئي التي تعتبر أساس الحياة علي كوكب الأرض ، أم في الحيوان فيتم تخليق الجلوكوز من البيروفيك والجلسرول في خلايا الكبد والكلية فيما يعرف بعملية Gluconeogenesis كما أنه ينتج من تكسير الجليكوجين في الكبد أيضا.
وهناك اهمية طبية خاصة لسكر الجلوكوز حيث يعتبر مستواه في الدم من الدلائل الهامة لوجود مرض السكر Diabetes حيث يعاني الشخص المصاب بمرض السكر من خلل في التمثيل الغذائي لسكر الجلوكوز.

٢ – الفركتوز Fructose:

سكر سداسي كيتوني ويسمي أيضا سكر الفاكهة حيث ينتشر بكثرة في العهديد من الفواكه ويتميز بأنه شديد الحلاوة كما يتواجد في بعض الخضروات وعسل النحل.



D- Fructose

ويحضر هذا السكر تجاريا من التحليل المائي للسكر العديد الأنيولين حيث يعتبر الفركتوز هو المكون الأساسي لهذا السكر العديد ، كما انه يدخل أيضا في تركيب سكر القصب.
وداخل جسم الإنسان يتحول الفركتوز إلي جلوكوز في خلايا الكبد والأمعاء ، ويحتاج الجهاز التناسلي الذكري كميات كبيرة من سكر الفركتوز حيث يخلق في الحويصلات المنوية ثم يندمج في الحيوانات المنوية حيث يستخدم فيها كمصدر للطاقة.

٢ – سكرات الأوليجو Oligosaccharides :

السكرات الاوليجو عبارة عن كربوهيدرات تقبل التحليل المائي وتنتج عدداً معروفاً بالضبط من وحدات السكر الاحادي المكون لها وهذا العدد يتراوح ما بين ٢–١٠ وحدات. ويطلق عليها سكرات اوليجو متجانسة ان كانت من نوع واحد او غير متجانسة ان كانت من اكثر من نوع من السكر.
وتشمل السكرات التي تتكون من ارتباط عدد معلوم بالضبط من وحدات السكر الأحادي وغالبا لا يزيد عدد وحدات السكر الأحادي المكونة للسكرات الوليجو عن ١٠ وحدات، وهي تتميز بقابليتها للتحليل المائي حيث تتفرد منها السكرات الأحادية المكونة لها.
وتوجد انواع كثيرة من السكرات الأوليجو لكل منها تركيبه الكيميائي المميز له وتتباين انواع السكرات الأوليجة تبعا للإعتبارات التالية:

١- نوع وحدات السكر الأحادي المكونة للسكر الأوليجو وهل هو نوع واحد من السكرات أم أكثر من نوع من السكرات الأحادية
٢- عدد وحدات السكر الأحادي المكونة للسكر الأوليجو فمنها السكرات الثنائية والثلاثية وغيرها
٣- الشكل البنائي للسكرات الأحادية المكونة للسكر الأوليجو هل هي حلقات خماسية (فيرانوز) أم حلقات خماسية (بيرانوز)
٤- التشابه الضوئي هل وحدات السكر الأحادي من المشابهات (م) أم (ى).
٥- موضع الرابطة الجليكوسيدية بين وحدات السكرات الأحادية المكونة لها ويوضح موضع الرابطة بالأرقام تدل علي موضع ذرات الكربون التي اتصلت بعضها بالرابطة الجليكوسيدية
٦- نوع الرابطة الجليكوسيدية هل هي من النوع ألفا أم من النوع بيتا

خواص السكرات الأوليجو:
هي عبارة عن مواد صلبة تذوب في الماء وتتميز بأن بعضها حلو المذاق كما أنها تذوب في المذيبات القطبية مثل الماء والكحول في حين لا تذوب في المذيبات غير القطبية مثل الإيثير والبنزين والكلوروفورم.
ومن الناحية الكيميائية تتفاعل سكرات الاوليجو مع اندريدات الأحماض العضوية وتكون لإيثيرات بطريقة مماثلة للسكرات الأحادية ويمكن بشكل عام تقسيم السكرات الأوليجو علي حسب قدرتها الإختزالية إلي قسمين:

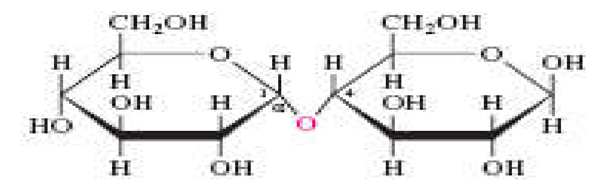
١-سكرات مختزلة: وهي التي تختزل محلول فهلنج حيث تتميز بأن لها طرف ألدهيدي أو كيتوني علي حالة هيمي أسيتال حرة (غير مرتبطة) قابلة للتفاعل ولذلك فتكون أوسازون بتفاعلها مع الفينايل هيدرازين كما يمكن ان يحضر منها جليكوسيدات ، ولكن هذه السكرات لاتختزل محلول بارفويد ومن هنا يمكن التفرقة بينها وبين السكرات الأحادية ، وتحدث لهذه السكرات ظاهرة تغير التحويل الضوئي.
ومن أمثلة هذه السكرات: المالتوز واللاكتوز والسلوبيوز والمليبيوز والجنتيوبيوز.
٢-سكرات غير مختزلة: وهي السكرات التي ترتبط فيها مجموعات الهيمي أسيتال لذا فهي لا تختزل محلول فهلنج ، كما أنها أيضا لا تتفاعل مع الفينايل هيدرازين لتكون اوسازون ولا يمكن تحضير جليكوسيدات منها ، كما أنها لا يحدث لها تغير في التحويل الضوئي.

ومن أمثلة هذه السكرات: السكروز والتريهالوز.
لا تتحلل سكرات الأوليجو مائيا بالقلويات ولكنها تتحلل مائيا بإنزيمات خاصة او في وجود أحماض معدنية إلي مكوناتها من وحدات السكرات الأحادية المكونة لها.
وتتوقف سرعة تحليلها مائيا بالأحماض علي التركيب الكيميائي لهذه السكرات وبصفة خاصة من ناحية موضع الرابطة ونوع الحلقة ، فالسكرات التي تحتوي علي حلقات فورانوز يمكن تحليلها مائيا بسهولة بواسطة الأحماض الضعيفة بتركيزات مخففة ، فلذلك نجد ان السكروز يتحلل بسهولة بمحلول حمض أكساليك ٠.٢ % بالتسخين في حمام مائي حيث يتكون السكروز من جلوكوز موجود في حلقة سداسية (بيرانوز) متحدا مع فركتوز موجود في حلقة خماسية (فورانوز).
وتتأثر السكرات الأوليجو عموما بالحرارة المرتفعة خصوصا في وجود الرطوبة ويتغير لونها وتفقد بعض جزيئات الماء ومثال علي ذلك تسخين السكروز علي حرارة مرتفعة (١٧٠ – ١٨٠) درجة مئوية يتحول لونه إلي اللون البني الفاتح ويتكون مادة تسمي الكرملة Caramel وهي تدخل في صناعة الحلويات ، وبالتسخين الشديد يحدث تحلل للسكر ويتصاعد منه بعض الغازات (CO , CO_2) ويتفحم.

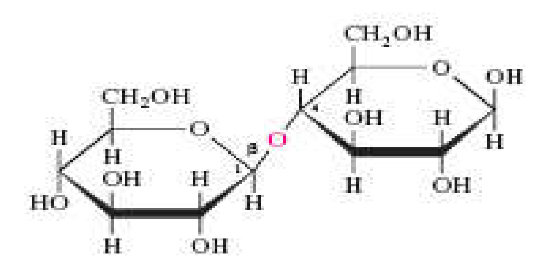
التسمية Nomenclature

يدل الاسم العلمي للسكرات الأوليجو علي:
١- التركيب الكيميائي لوحدات السكر الأحادي المكونة للسكر الأوليجو
٢- تتابع وحدات السكر الأحادي
٣- نوع الرابطة أو الروابط الجليكوسيدية المكونة للسكر الأوليجو

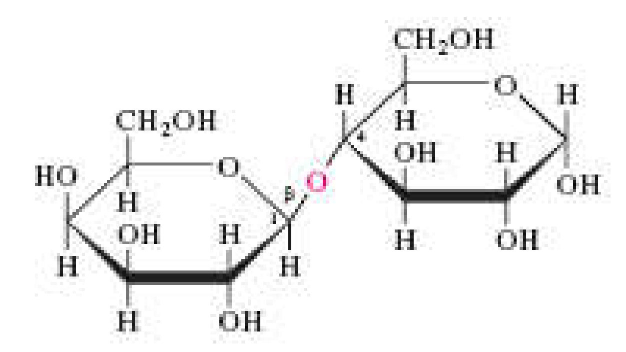
وفيما يلي أمثلة لبعض أنواع السكرات الأوليجو وأسمائها الشائعة والعلمية :



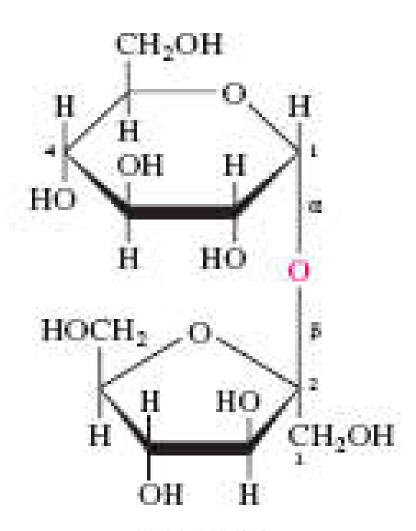
β anomer of maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)



β anomer of cellobiose
(β-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)



α anomer of lactose
(β-D-Galactopyranosyl-(1→4)-α-D-glucopyranose)



Sucrose

تقسم سكرات الاوليجو الى عدة اقسام على اساس عدد الوحدات الداخلة فى تركيبها :

أ- **السكرات الثنائية : Disaccharides :**

السكرات الثنائية هي السكرات الاوليجو التى تعطي بالتحليل المائي وحدتين من السكر الاحادي وقد تكون الوحدتين الناتجتين من التحليل المائي من نوع واحد مثل المالتوز والتريهالوز وفي هذه الحالية يطلق عليها سكرات ثنائية متجانسة، أو قد تكون الوحدتين الناتجتين من التحليل المائي من نعين مختلفين مثل اللاكتوز والسكروز وفي هذه الحالة يطلق عليها سكرات ثنائية غير متجانسة.

سكرات ثنائية متجانسة :

مالتوز (سكر ثنائي) + ماء   جلوكوز (سكر احادي) + جلوكوز (سكر احادي)

تريهالوز (سكر ثنائي) + ماء   جلوكوز (سكر احادي) + جلوكوز (سكر احادي)

سكرات ثنائية غير متجانسة :

لاكتوز (سكر ثنائي) + ماء   جلوكوز (سكر احادي) + جلاكتوز (سكر احادي)

سكروز (سكر ثنائي) + ماء   جلوكوز (سكر احادي) + فركتوز (سكر احادي)

ب- **السكرات الثلاثية : Trisaccharides**

السكرات الثلاثية هي السكرات الاوليجو التي تعطي بالتحليل المائي ثلاث وحدات سكر احادي من نوع واحد (متجانسة) او من عدة انواع)غير متجانسة) مثل الرافينوز $C_{18}H_{32}O_{16}$ والذي بتحليلة منها يعطي ثلاث جزيئات سكرات احادية مختلفة وهي : جزئ جلوكوز وجزء فركتوز وجزء جلاكتوز.

رافينوز (سكر ثلاثي) + ماء ←—— جلوكوز + فركتوز + جلاكتوز

ج- **السكرات الرباعية Tetrasaccrides**

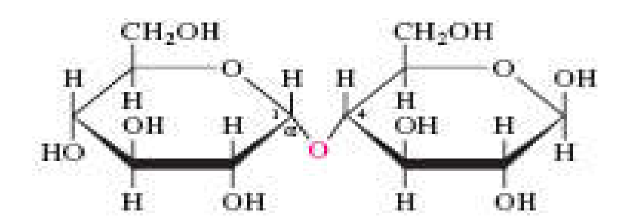
السكرات الرباعية هي السكرات الاوليجو التى تعطي بالتحليل المائي أربع وحدات سكر احادي من نوع واحد (متجانسة) او عدة انواع مختلفة مثل الاستاكيوز الذي بتحليله مائياً يعطي جزئ جلوكوز وجزئ فركتوز وجزيئين جلاكتوز (غير متجانسة).

ستاكيوز (سكر رباعي) + ماء ←—— جلوكوز + فركتوز + جلاكتور + جلاكتوز

أمثلة لأهم أنواع السكرات الأوليجو

١- **المالتوز Maltose :**

سكر ثنائي يتكون من اتحاد جزيئين من الجلوكوبيرانوز أحدهما في الوضع ألفا والأخر في الوضع بيتا ، وتتصل ذرة الكربون الأولي من أحدهما مع ذرة الكربون الرابعة من الوحدة الثانية برابطة جليكوسيدية ووضع الرابطة ألفا (١- ٤).



β anomer of maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)

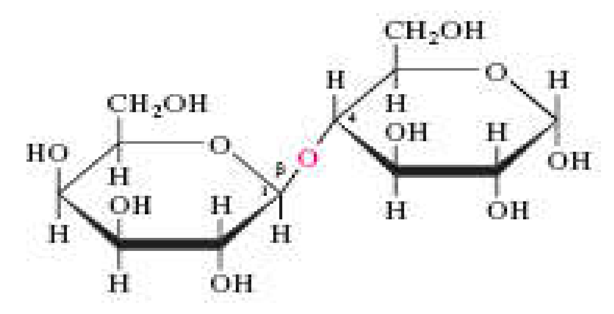
ويطلق علي المالتوز سكر الشعير وهو سكر يميني الدورة ودرجة تحويله الضوئي (+ ١٣٠.٥)، ويتكون من تحليل النشا مائيا بتأثير بعض أنواع الإنزيمات، كما يوجد في بعض أنواع البذور أثناء انباتها.

وهو سكر مختزل حيث يحتوي علي مجموعة هيمي أسيتال حرة ولذا تحدث له ظاهرة تغير التحويل الضوئي، ويتحلل مائيا بالأحماض المعدنية إلي مكوناته الأساسية (جزيئين من الجلوكوز).

ويتفاعل مع مركب الفينايل هيدرازين ويكون أوسازون مميز له عن باقي السكرات.

٢- **اللاكتوز Lactose:**

سكر ثنائي يتكون اتحاد سكر الجلوكوز مع سكر الجلاكتوز حيث تتصل ذرة الكربون الأولي من الجلاكتوز مع ذرة الكربون الرابعة من الجلوكوز برابطة جليكوسيدية وذرة الكربون الأولي للجلاكتوز تحمل (OH) هيمي أسيتال في الوضع بيتا لذا فالرابطة من نوع بيتا (١ – ٤).

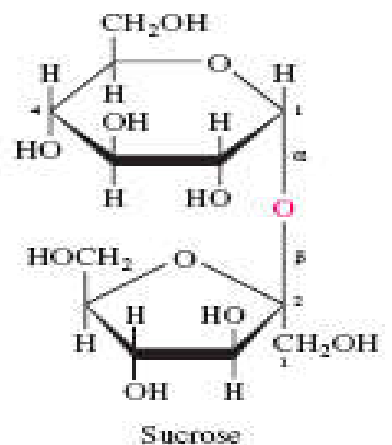


α anomer of lactose
(β-D-Galactopyranosyl-(1→4)-α-D-glucopyranose)

ويسمي سكر اللبن حيث يوجد فقط في ألبان الثدييات بنسبة تتراوح بين ١.٨ – ٦.٥ % وتختلف كميته في ألبان الحيوانات المختلفة ، ويحتوي اللاكتوز علي طرف ألدهيدي علي حالة هيمي أسيتال حرة (غير مرتبطة) ولذلك فهو من السكرات المختزلة ويحدث له ظاهرة تغير التحول الضوئي، كما أنه يتحلل مائيا تحت تأثير انزيم اللاكتيز Lactase أو في وجود الأحماض المعدنية حيث تنفرد مكوناته من سكرات الجلكوز والجلاكتوز.
ويتفاعل مع مركب الفينايل هيدرازين ويكون أوسازون مميز له عن باقي السكرات.

٣- السكروز Sucrose:

سكر ثنائي يتكون من اتحاد جزيء ألفا – م- جلوكوبيرانوز وجزيء بيتا – م- فركتوفورانوز حيث تتصل ذرة الكربون الأولي من الجلوكوز مع ذرة الكربون الثانية من الفركتوز وذرة الكربون الأولي لسكر الجلوكوز تحمل (OH) هيمي أسيتال في الوضع ألفا في حين أن ذرة الكربون الثانية لوحدة سكر الفركتوز في الوضع بيتا لذا فالرابطة هنا من نوع ألفا – بيتا (١ – ٢)



Sucrose

ويحول السكروز الضوء المستقطب ناحية اليمين ، ويمكن تحليله مائيا بواسطة إنزيم السكريز وأيضا بالأحماض المعدنية لتنفرد مكوناته من الجلكوز والفركتوز، ويطلق علي ناتج التحليل المائي للسكروز اسم السكر المحول Inverted sugar .
ومن الأسماء الشائعة لسكر السكروز سكر القصب Cane sugar وسكر البنجر Beet sugar حيث يستخرج السكروز من القصب والبنجر .

٣- السكرات العديدة Polysaccharides :

هي عبارة عن كربوهيدرات معقدة ، ذات وزن جزئي مرتفع ، وتتكون من اتحاد عدد كبير غير محدود من السكرات الخماسية أو السداسية، لذلك فهي تعتبر اندريدات Anhyd-rides لعدد كبير من السكرات الأحادية .. وهي سكرات عديمة النشاط من الناحية الكيميائية . ورغم ذلك فهي أهم مركب غذائي في الأغذية النباتية، وتوجد أنواع كثيرة جداً من السكرات العديدة التي تحتوي علي عدد غير محدد من السكرات الاحادية البنائية، والاعتبارات التي يجب اخذها عند دراسة التركيب الكيمائي للسكرات العديدة :

١) عدد وحدات السكر الاحادي : ١٠ فأكثر .
٢) نوع السكر : اذا كان نوعاً واحداً ويسمي سكراً عديداً متجانساً Homoglycans واذا كانت انواعاً مختلفة يسمي سكراً عديداً غير متجانس Heteroglycans.

٣) نوع الرابطة الجليكوسيدية وموضعها : الفا أو بيتا، ١–٢ أو ١–٣ أو ١–٤ أو ١–٦.
٤) درجة التجمع : تختلف من سكر عديد لأخر، وأيضاً بالنسبة للنوع الواحد تبعاً للمصدر النباتي.
٥) نوع السلسلة المكونة للجزئ: سلسلة متفرعة أو غير متفرعة.
٦) الصفة الاختزالية : لاتختزل محلول فهلنج أو بندكت او نترات الفضة النشادرية نظراً لوجود مجموعة الدهيدية حرة واحدة فى طرف الجزئ، ففس حالة السلسلة الطويلة غير المتفرعة يوجد للجزئ طرفان : طرف الدهيدي مختزل والآخر غير مختزل، وفي حالة السلسلة المتفرعة، يوجد للجزئ طرف واحد مختزل وعدة أطراف غير مختزلة.
٧) التحليل المائي : تتحلل مائياً الى مكوناتها من السكرات الاحادية بواسطة الاحماض المعدنية او بانزيمات خاصة.

وتقسم السكرات العديدة الى :

(١) سكرات عديدة متجانسة : وتقسم لمجموعتين :
أ) سكرات تتكون من الجلوكوز فقط أي وحدتها البنائية الجلوكوز، مثال النشا والسليلوز والجليكوجين والدكسترين والدكستران.
ب) سكرات عديدة متجانسة تتكون من سكر واحد فقط غير الجلوكوز مثال المانان (مانوز) أو الزيلان (زيلوز) أو الانيولين (فركتوز).

(٢) سكرات غير متجانسة : وهي التي تتكون من سكرات احادية متحدة مع بعضها مثال الجلاكتواربان (جلاكتوز وارابينوز) ، والجلاكومانان (جلاكتوز ومانوز).
(٣) سكرات عديدة يدخل فى تكوينها الأحماض اليورونية مثال البكتين وحمض الالجنيك والهيمي سليلوز وبعض أنوع الصموغ والمواد الهلامية (الميوسيلاج).
(٤) سكرات عديدة تحوي النيتروجين فى الجزئ مثال الكيتين وهو الغطاء الواقي لبعض الحشرات.
(٥) سكرات عديدة تحوي الكبريت فى الجزئ مثال الآجار او تحوي على الكبريت والنتروجين معاً مثال الهيبارين.

التسمية :

يطلق على السكر العديد احياناً اسم الجليكان Glycan فالسكر العديد الذي يتكون من نوع واحد يطلق عليه سكر عديد متجانس Homoglycan والذي يتكون من اكثر من نوع يطلق عليه سكر عديد غير متجانس Heteroglycan ويشتق الاسم من السكر الاحادي باستبدال المقطع ose بالمقطع an (جلوكوز = جلوكان، مانوز = مانان، دكستروز = دكستران، زيلوز = زيلان، أو جلاكتومانان (اتحاد جلاكتوز + مانوز السكر العديد) ... وهكذا.

هي عبارة عن بوليمرات تتكون من عدد كبير من وحدات السكر الأحادي ، وعادة ينتج عن تحللها مائيا عدد غير معروف بالضبط من وحدات السكر الأحادي.

وبصفة عامة يمكن تقسيم السكرات العديدة إلي قسمين:

١– سكرات عديدة متجانسة Homoglycans or Homopolysaccharides : وهي عبارة عن بوليمرات تتكون من نوع واحد من السكرات الأحادية او أحد مشتقاته أي أنه عند تحليلها مائيا تحليلا كاملا تنتج نوع واحد فقط من السكرات الأحادية او أحد مشتقاته.

ويمكن تقسيم هذا النوع بدوره إلي قسمين علي أساس أدوارها البيولوجية:
أ– سكرات تخزينية Storage homoglycans مثل النشا والجليكوجين.
ب– سكرات تركيبية Structural homoglycans مثل السليولوز والكيتين.

٢– سكرات عديدة غير متجانسة Heteroglycans or Heteropolysaccharides : وهي عبارة عن بوليمرات تتكون أكثر من وحدة بنائية أي أنه عند تحليلها مائيا تحليلا كاملا ينتج اكثر من نوع من السكرات الأحادية أومشتقاتها ومن أمثلتها حمض الهاليورنيك Hyaluronic acid والهيبارين Heparin.

١– السكرات العديدة المتجانسة Homoglycans:

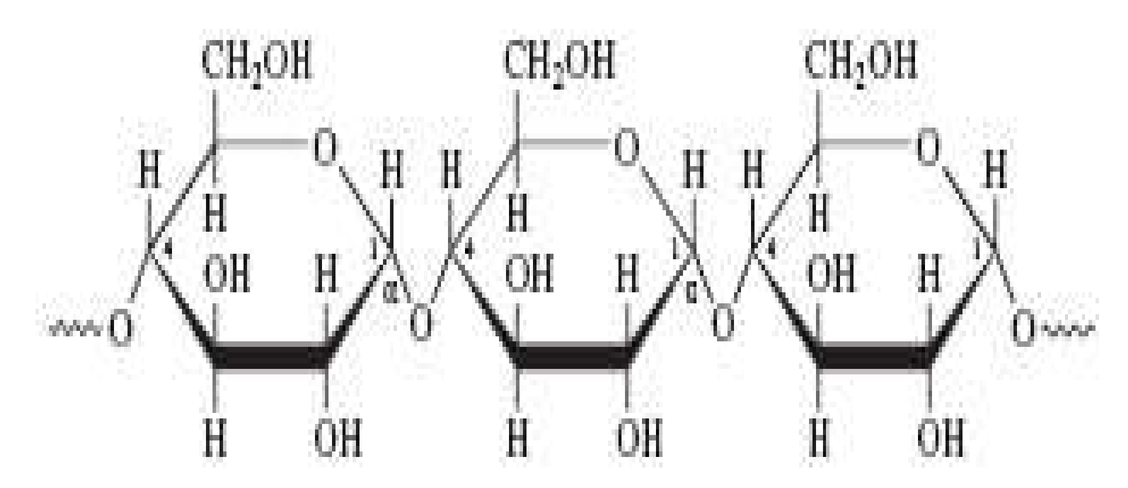
أ– السكرات التخزينية Storage homoglycans:

(١) النشا Starch:

من السكرات العديدة المتجانسه من نوع الـ Hexosans ، أو على وجه الخصوص الـ Glucan ، أي يتكون من سلاسل مستقيمة . ترتبط بأخري متفرعة ، وكلها عبارة عن وحدات من سكر الجلوكوز ، ينتشر بكثرة في البذور ، والتي تحتوي علي نشا يصل الي ٧٠% وكذلك في الفواكه والجذور والدرنات بمستوي يصل إلي ٣٠% ويتكون النشا من نوعية من السكرات العديدة Polysaccharides هي الأميلوز Amylose والاميلوبكتين amylopectin .

وتختلف نسبة كل منهما تبعا للمصدر وإن كان في معظم الحبوب وأنواع البطاطا يوجد الأميلوز بنسبة ٢٠– ٢٨% ، أميلوبكتين بنسبة ٧٢ – ٨٠%. ولا يذوب النشا في الماء البارد بل يتكون معلق Suspension وعند تسخينه تنتفخ حبيبات النشا، وفى النهاية تنفجر الحبيبات وتتكون محاليل جيلاتينية او غروية. ويتحلل النشا حامضيا أو بالإنزيمات الي دكسترين ، ثم إلي السكر الثنائي ملتوز ، وفي النهاية الي السكر الأحادي جلوكوز.ينتشر النشا بكثرة في الطبيعة ويعتبر كمخزن للكربوهيدرات في الدرنات مثل البطاطس وتبلغ نسبته حوالي ٣٠ % ، والجذور مثل البطاطا وتبلغ نسبته حوالي ٥٠ % وفي البذور والحبوب والكثير من الريزومات والفواكه.

يلعب النشا دورا هاما في غذاء الإنسان والحيوان علي حد سواء ، ويتكون النشا في النباتات الخضراء كنتيجة لعملية البناء الضوئي ، ويخزن في النهاية في شكل حبيبات تتباين في أشكالها وأحجامها بتباين المصدر النباتي وتتراوح أقطارها من ٣ – ١٠٠ ميكرومتر ، كما تختلف في الكثير من خواصها الطبيعية مثل الذوبان في الماء علي درجات الحرارة المختلفة لتكوين محلول جيلاتيني وكذلك سرعة انتفاخها في المذيبات المختلفة ، ولذلك بفضل أن يقرن اسم النشا باسم المصدر المتحصل منه عليه مثل نشا الذرة – نشا البطاطس – نشا الأرز وهكذا. ويتكون النشا من وحدات من السكر الأحادي جلوكوبيرانوز مرتبطة مع بعضها بروابط جليكوسيدية من نوع ألفا ١ –٤.
والنشا عبارة عن خليط من الأميلوز والأميلوبكتين:
الأميلوز Amylose: يتكون من سلسلة مستقيمة (غير متفرعة) من وحدات سكر D- glucose يتراوح طولها من ١٠٠ – ١٠٠٠ وحدة مرتبطة مع بعضها بروابط جليكوسيدية من نوع ألفا ١ – ٤ ويمكن اعتبار أن سكر المالتوز يمثل وحدة بنائية له ويحتوي علي طرف ألدهيدي مختزل أي انه يحتوي مجموعة هيمي أسيتال طرفية حرة ومع ذلك فه لايظهر خواص اختزالية في الظروف العادية ويرجع ذلك لطول السلسلة الكربونية وكبر الوزن الجزيئي له مما يلغي تأثير هذه المجموعة الإختزالية، ويوجد ايضاً الوحدات الطرفية تحتوي أربع مجموعات ايدروكسيل بينما الوحدات الوسطية تحتوي ثلاث فقط حرة. والوزن الجزئ له يتراوح بين ٣٥٠٠٠–٥٠٠٠٠ لسلسلة من ٢٠٠–٣٠٠ وحدة جلوكوز، وقد يتواجد تحت بعض الظروف في صورة حلزون ملتف ، ولا يمكن اعتباره ذائبا كليا في الماء ولكنه يمكن ان يذوب في الماء عندما يكون حديث التحضير ويرسب من محاليله خاصة بالتبريد ، وهويعطي لون أزرق مع اليود.



الأميلوبكتين Amylopectin: وهو بشبه الأميلوز في أنه يتكون من وحدات من سكر D-glucose إلا أنه يختلف عنه في أنه يتكون من سلاسل متفرعة وليست مستقيمة كما في الأميلوز ونقاط التفرع تتم بارتباط ذرة الكربون رقم (١) في أحد السلاسل المستقيمة مع ذرة الكربون رقم (٦) في السلسلة الأخري عن طريق رابطة جليكوسيدية من نوع ألفا ١ – ٦ ، كما يتميز بأنه عديد التفرع حيث قد يصل معدل التفرع إلي فرع لكل ٢٤ – ٣٠ وحدة جلوكوز ، وبدراسة الأميلوبكتين وجد انه يتكون من ٣٠٠ – ٦٠٠٠ وحدة من الجلوكوز. فى جزئ الاميلوبكتين لكل سلسلة قصيرة طرف غير الدهيدي فقط لاشتراكة فى تكوين رابطة التفرع ١–٦ ومعني ذلك ان الاطراف غير الالدهيدات تساوي عدد السلاسل القصيرة فى الجزئي بينما يحتوي الجزئ على طرف ألدهيدي واحد هو طرف السلسلة الاخيرة.
ويتميز الأميلوبكتين بأن له نهاية مختزلة واحدة والعديد من النهايات غير المختزلة في تركيبه البنائي . ويتميز الأميلوبكتين بأنه قليل الذوبان في الماء ويكون مع الماء محلول سميك القوام يسمي بعجينة النشا ، كما أنه يعطي لون بنفسجي مع اليود.

الخواص الكيميائية للنشا :

يتحلل النشا مائياً بالاحماض المعدنية (أو بالانزيمات) فى عدة خطوات ولون كل مكون من اليوم (بين قوسين):

نشا (أزرق) ← أرثودكسترين (أحمر) ← أكرودكسترين (بني) ← مالتوز (عديم اللون) ← جلوكوز (عديم اللون)

تتدرج نواتج التحليل المائي فى تلونها مع اليود من اللون الزرق الي البني الي ان تصل درجة التحليل المائي للنهاية فلا تعطي لون مع اليود، كما تؤثر انزيمات الالفا – اميليز والبيتا–أميليز علي النشا فهي تقوم بتحليلة مائياً، حيث يعمل الفا–اميليز على الروابط الموجودة فى وسط جزئ الاميلوز مكونة مخلوط من الدكسترين ونسبة قليلة من سكر المالتوز، بينما يعمل البيتاداميليز من ناحية الطرف غير المختزل معطياً وحدات سكر المالتوز.

(٢) الجليكوجين Glycogen:

يطلق علي الجليكوجين احياناً بالنشا الحيواني ويعتبر مخزن الكربوهيدرات فى الحيوان والجليكوجين منتشر بكثرة في الأنسجة الحيوانية خاصة في الكبد والعضلات حيث يمثل الجليكوجين حوالي ١٠ % من وزن الكبد وحوالي ٢ % من وزن العضلات ويوجد ايضاً فى بعض الأنسجة الحيوانية، وبعض الخمائر والفطريات. ويعطي لون أحمر أو بني مع اليود، ويتميز جزيء الجليكوجين عن النشا بأنه أكبر منه في الوزن الجزيئي حيث يحتوي الجليكوجين علي حوالي ٥٠٠٠٠ وحدة سكر جلوكوز (م–جلوكوبيرانوز)، ويعتبر الجليكوجين بوليمر يتكون من سلاسل متفرعة متشابها بذلك مع الأميلوبكتين ، وإن كان يختلف مع الأميلوبكتين في كونه تفرعاته أصغر من الأميلوبكتين وأكثر تكرارا حيث يصل معدل التفرع إلي فرع لكُل ٨ – ١٢ وحدة جلوكوز. ويتميز الجليكوجين بأن له طرف مختزل واحد والعديد من النهايات غير المختزلة في تركيبه البنائي.

ويتم تحليل الجليكوجين في الكبد إلي مكوناته الأساسية وهي وحدات سكر الجلوكوز الذي يمر بدوره في الدورة الدموية حيث ينقله الدم إلي أنسجة و خلايا الجسم المختلفة ، كما يعتبر الجليكوجين المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة لانقباض العضلات .

وهو يذوب بسهولة في الماء ويمكن استخلاصه من الأنسجة الحيوانية بالمعالجة الكيميائية بقلوي مخفف ساخن مثل البوتاسا الكاوية ١٥ – ٣٠% ، كما انه يترسب بالكحولات.

الخواص الكيميائية للجليكوجين :
يتحلل الجليكوجين مائياً بتالاحماض المعدنية (أو بالانزيمات) في عدة خطوات كما يلي:
جليكوجين ⟵ دكسترين ⟵ مالتوز ⟵جلوكوز
خواصة :
يذوب بسهولة فى الماء ، ويمكن استخلاصة من الانسجة الحيوانية بالمعالجة الكيميائية بقلوي مخفف ساخن مثل البوتاسا الكاوية ١٥-٣٠% ويرسب بالكحولات.

ب- السكرات التركيبية Structural homoglycans:

(١) السليولوز Cellulose:

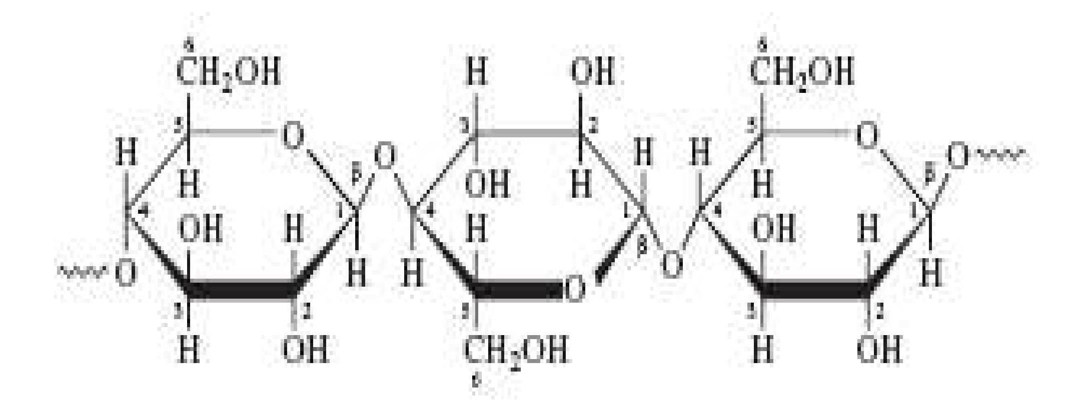
سكر عديد تركيبي وهو المكون الرئيسي للأجزاء الليفية حيث يوجد على هيئة الياف مرتبطة مع بعضها بمواد لاصقة بعضها كربوهيدراتي (الهيماسليلوز والمواد الكتينية) وبعضها غير كربوهيدراتي (لجنين – الراتنجات – الشموع) في الخلايا النباتية ولا يتواجد في الحيوانات الراقية ، لسلسلته طول معين يختلف باختلاف مصدره ، وهو عديم الذوبان في الماء أو الأحماض أو القلويات المخففة علي درجات الحرارة العادية، يتكون من سلاسل مستقيمة من الجلوكوز ، ويقاوم المعاملات الكيميائية وتؤثر به قليلاً كل من الأحماض والقلويات، رغم أن الحامض والقلوي المستخدمين لفصل الألياف تزيل نحو ٤٠% من سليلوز تبن القمح. ويعتبر السليلوز المكون الأساسي لجدر الخلايا النباتية وإن كان قد ثبت حديثا وجود مكونات أخري في جدر الخلايا. مثل الهيمي سليلوز واللجنين. يوجد السليلوز نقياً تقريبا في شعر القطن . أما في المصادر الأخري مثل الأنسجة الدعامية . وجدر الخلايا النباتية وأغلفة البذور.. يكون السليلوز متحدا مع عديد من المركبات العطرية ، وبصفة أساسية مع اللجنين legnin.
والسليلوز رغم مقاومته للكيماويات إلا أنه يمكن أن يتحلل إلي جلوكوز باستخدام الأحماض المركزة علي البارد ، كما يمكن لبعض الانزيمات تحليل السليلوز لينتج السلوبيوز ، والذي يتحلل انزيميا أيضا الي جلوكوز بواسطة انزيم Cellulase الذي يوجد في البذور المنبتة والفطريات ، وبعض أنواع البكتريا ، ولكنه لا يفرز بواسطة الحيوان . ويحدث التخمر الميكروبي للسليلوز إلي حد ما في الجهاز الهضمي لمعظم الحيوانات، وخاصة المجترات ، وينتج في النهائية خليط من الأحماض الطيارة مثل الخليك . والبروبيونيك والبيوتيريك ، وبعض الغازات مثل الميثان CH_4 وثاني أكسيد الكربونCO_2 وتحت ظروف معينه ينتج غاز الأيدروجين H_2.
ويحتوي السليولوز الطبيعي علي ثلاثة مكونات أساسية Cellulose fractions :

أ- ألفا سليولوز Alpha cellulose: وهو الجزء من السليولوز الذي لايذوب في محلول الصودا الكاوية (١٧.٥%) علي البارد.

ب- بيتا سليولوز Beta cellulose: وهو الجزء من السليولوز الذي يذوب في محلول الصودا الكاوية (١٧.٥%) ولكنه يرسب عند تحميض المحلول.

ج- جاما سليولوز Gamma cellulose: فهو الجزء من السليولوز الذي يذوب في محلول الصودا الكاوية (١٧.٥%) ولا يرسب بالتحميض.

وفي الحقيقة فإن الألفا سليولوز Alpha cellulose هو الذي يطلق عليه السليولوز الحقيقي True cellulose وهو الناتج من تجمع أو تبلمر جزيئات الجلوكوز ، أما البيتا والجاما سليولوز فتختلف الأراء في تفسير تكوينها فهي قد تحتوي علي نواتج تجميع لسكرات أخري مثل الزيلان أو نواتج أكسدة مثل الأوكسي سليولوز أو هي عبارة عن سليولوز حقيقي (ألفا سليولوز) ولكنه قصير السلسلة وصغير في وزنه الجزيئي.
ويعتبر السليولوز أكثر المركبات العضوية انتشارا في الطبيعة حيث تصل نسبته في شعرة القطن ٩٩ % والأخشاب ٤٠ – ٥٣ % وفي مخلفات المزرعة مثل حطب القطن وحطب الذرة وقش الأرز فتصل نسبته حوالي ٣٠ – ٤٠ % .
ويقوم السليولوز من النبات مقام الهيكل العظمي للحيوان، وهو من اقدم المواد التي استعملها الإنسان في كثير من مرافق حياته – كما يعتبر في الوقت الحالي من اوسع المواد العضوية استعمالا في العالم فبالنسبة إلي أنه المكون الأساسي للمادة النباتية فتتكون منه بلايين الأطنان سنويا خلال عمليات البناء الضوئي، ويستهلك الإنسان ملايين الأطنان سنويا كمنتجات سليولوزية علي صورة خشب وورق ومنسوجات ومئات الأستعمالات الأخري.
ومن الناحية الكيميائية فهو يشبه في تركيبه الكيميائي الأميلوز في كونه جزيء مستقيم غير متفرع ويتكون من وحدات سكر الجلوكوز (بيتا-م-جلوكوبيرنوز)، ولكن يختلف عنه في نوع الرابطة حيث ترتبط وحدات الجلوكوز مع بعضها برابطة من نوع بيتا ١ – ٤ ، وللجزيء طرفان طرف الدهيدي مختزل يحوي وحدة جلوكوز بها مجموعة هيمي أسيتال حرة، وطرف أخر غير الدهيدي غير مختزل ، ويتميز السليولوز بأنه جزيء كبير الحجم يتكون من عدد وحدات جلوكوز يتراوح من ٣٠٠ إلي ١٥٠٠٠ وحدة علي حسب المصدر النباتي.



ولا تستطيع الثدييات بصفة عامة ان تقوم بالتمثيل الغذائي للسليولوز ويرجع ذلك إلي عدم وجود الإنزيم القادر علي تحليل الرابطة الجليكوسيدية في الوضع بيتا والتي تمثل الرابطة بين وحدات سكر الجلوكوز المكونة للسليولوز ، بينما تمتاز المجترات بأنها قادرة علي تحليل السليولوز وذلك نتيجة لوجود الكائنات الدقيقة في كرش هذه الحيوانات والتي تفرز بدورها إنزيم السليوليز القادر علي تحليل الرابطة الجليكوسيدية في الوضع بيتا.

تقسم الالياف الي :

أولاً : ألياف طبيعية:

١- **ألياف نباتية سليلوزية** : شعر البذور – ساق النبات ، ورقية – ثمرية – خشبية.

٢- **ألياف حيوانية (بروتينية)** : صوف – موهير – كشمير – شعر اللاوما – شعر الماعز – وبر الجمل.

٣- **الياف معدنية** : اسبستوس (سلكيات كالسيوم ومغنسيوم).

ثانياً : الياف صناعية :

١-الياف تعتمد صناعتها على الالياف النباتية المحورة.

٢-الياف تكوينية Synthetic.

الياف ذات أصل نباتي سليلوزي :

سليلوز مسترجع – خلات سليلوز – نترات سليلوز – نحاس امونيوم سليلوز فسيكوز (رايون).

الياف ذات أصل بروتيني :

لايتال – ارالاك من الكازين – فبرولان من الكازين – ادريل من فول الصويا والفول السوداني – فبكارا من زيين الذرة.

الياف غير عضوية (معدينة) :

صوف زجاجي- خيوط معدنية – صوف صلب.

ألياف تكوينية : Synthetic man made fibbers

نايلون – داكرون – أورلون – ساران – تريلين.

السليلوز وجودة ومصادره – وجود السليلوز فى الطبيعة – مكان وجود السليلوز فى الخلية النباتية الخطوة الاولى والثانية حتى مكونات السليلوز.

السليلوز – وجودة – ومصادره (*) :

يعتبر السليلوز من أكثر المواد العضوية انتشاراً علي وجة الأرض – فهو المكون الاساسي لجدار الخلية النباتية، ويقوم من النبات مقام الهيكل العظمي فى الحيوان، وهو من أقدم المواد التي استعملها الانسان فى كثير من مرافق حياته – كما يعتبر فى الوقت الحالي من اوسع المواد العضوية استعمالاً فى العالم فبالنسبة لأنه المكون الاساسي للمادة النباتية تكون منه بلايين الاطنان سنوياً خلال عمليات البناء الضوئي Photosynthesis.

ويستهلك منه الانسان ملايين الاطنان سنوياً كمنتجات سليلوزية على صورة خشب نجارة وورق ومنسوجات والياف صناعية وافلام وبلاستيك ومغلفات ومئات الاستعمالات الاخري بما فيها الوقود، وقمارنة هذه الطاقة الاستهلاكية بالاستهلاك السنوي من المواد الاخري كالصلب والفحم والبترول والحبوب نجد السليلوز يحتل مركزاً ممتازاً.

وأهم مصادر السليلوز من الناحية التجارية الخشب والقطن وبجانب ذلك توجد مصادر أخري يمكن الحصول منها على السليلوز الا ان اعتبارها ضمن مصادره التجارية يتوقف الى حد كبير علي قيمتها الاقتصادية وعلى تكليفها من حيث الثمن والنقل وطرق الاستخلاص وصفات السليلوز الناتج ... الخ.

(*) المصدر : د. عبد المنعم يوسف – كيمياء الألياف النباتية ـ ٢٠٠٣.

ويستعمل سليلوز الخشب فى الصناعات الخشبية كالنجارة وتستعمل الياف القطن فى الغزل والنسيج بحالتها الطبيعية، اما في صناعة الورق والاليفا الصناعية فيلزم تغيير الصورة الطبيعية لسليلوز وتحويلة الى لب لتخليصة من بعض المواد المصاحبة له فى الطبيعية كالجنين والهميسليلوز، وتعتد كل هذه الصناعات على قوة الالياف الطبيعية ومرونتها فالخشب الطبيعي تكون اليافة متمايكة بفعل المواد اللاصقة التى توجد بينها مثل اللجنين والهيمسليلوز فهي تعطية القوة والصلابة المطلوبة فى الصناعية، وترجع متانة النسيج الى قوة شد الالياف وعمليات البرم والغزل، اما الورق فيعتمد فى قوته على أن اليافة تكون مندمجة ومكبوسة علي بعضها بعد عملية التصنيع.

يمتاز السليلوز بعدم ذوبان اليافة فى المذيبات العادية الا أن كثيراً من الصناعات القائمة على السليلوز تتطلب تحويلة الى صورة ذائبة ثم استرجاعة فى صورة جديدة كما هو الحال فى الرايون والسلوفان، ومن الصناعات التي تقوم على السليلوز الذائب كما هو او بعد تحويلة الى صورة تتغير فيها كثير من خواصة الطبيعية صناعة الخلات ونترات السليلوز كما فى البلاستيك والاقلام وغيرها.

وتتوقف العمليات الكيميائية المختلفة المطلوبة فى تصنيع هذه المشتقات الى حد كبير على خواص السليلوز الطبيعية حيث تعتبر كل ليفة وحدة مستقلة بذاتها وما خواص السليلوز الطبيعية الا متوسط هذه الخواص، وتتوقف الخواص الميكانيكية للسليلوز ومشتقاته على درجة التجمع Degree of polymerization ، اما اللون ودرجة الثبات والفعلية الكيميائية للمشتقات وصفاء لون المحاليل وقابليتها لتكون الياف جديدة فى المحلول فكلها تتوقف على المواد غير السليلوزية الموجودة فى مصدر السليلوز الطبيعي والمدي الذي تصل اليه عملية التخلص من هذه المواد.

والجدول رقم (١) يبين الصناعات المختلفة القائمة على السليلوز من كل من مصدرية الكبيرين ، الخشب والقطن :

الخشب		القطن	
(١) وقود (٢) تجارة وصناعات خشبية (٣) تحضير اللب وصناعة الورق		(١) زغب ونفايات (تنجيد) (٢) الياف نسيج غزل ومنسوجات	
تنقية وتبييض اللب		تنقية وتبييض الزغب	
سليلوز مجهز كيمائي			
(١) سليلوز قوي	(٢) نيترة	(٣)استلة	(٤) سليلوز قوي
Etheification	Nitration	Acetylation	Xuthation
ايثرات	نترو سليلوز	استرات	
ايثرات ذائبة فى الماء	بويات	الياف خلات	محلول فيسكوز
بويات – أقلام	مفرقعات	افلام	سلوفان
بلاستيك	بلاستيك	بلاستيك	فيسكور

وجود السليلوز فى الطبيعية :

يعتبر السليلوز أكثر المواد العضوية انتشاراً فى الطبيعة فهو يكون ما يقرب من ثلث المادة النباتية، وهو المكون الاساسى لجدر الخلايا فى النباتات الراقية ومن هنا اشتق اسمه، وكان وجوده فى النباتات الدنيئة من المملكة النباتية مشكوك فيه الا أنه توجد بعض الشواهد على وجودة فى بعض اجناس مختلفة.

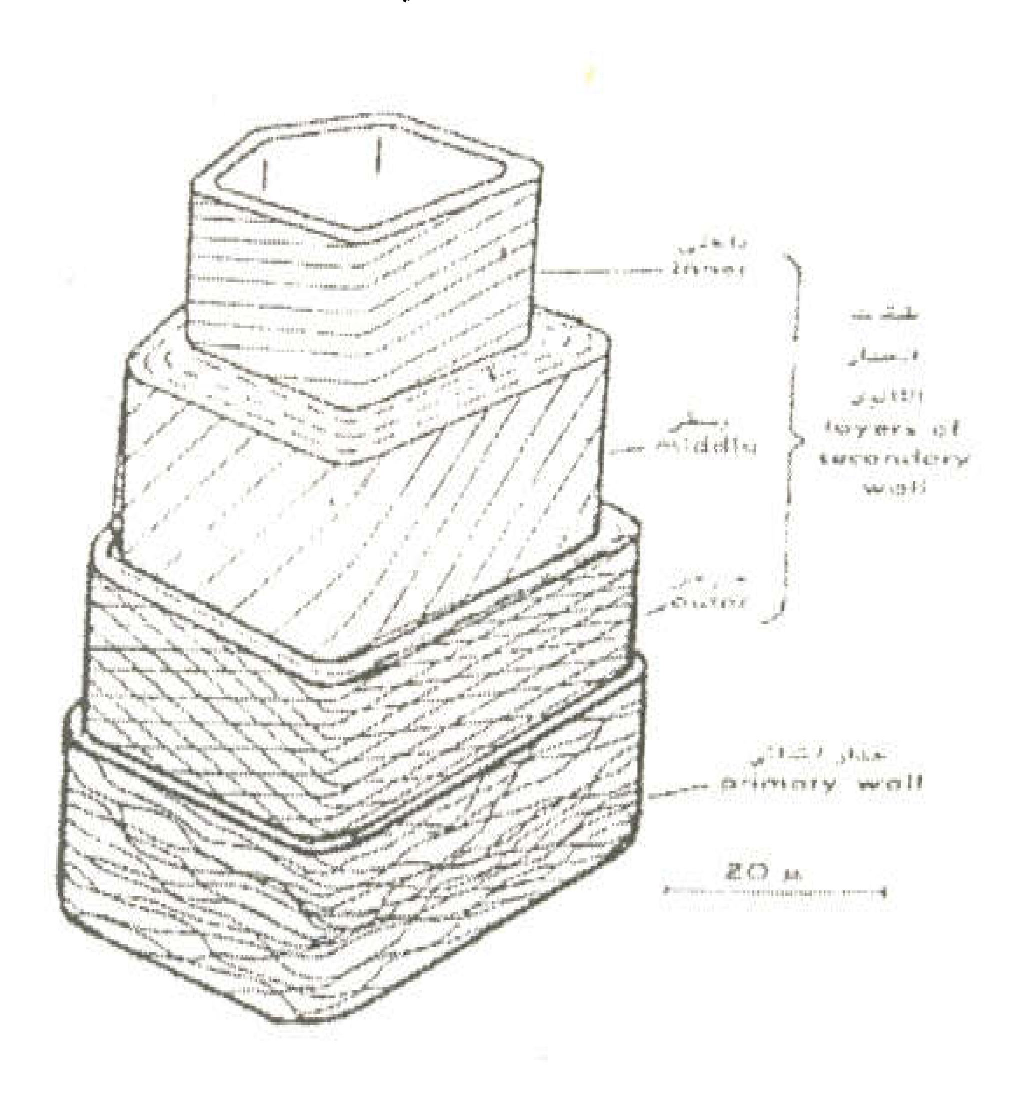
فمثلاً تخلو معظم أنواع البكتريا من السليلوز ولكن الفحص الميكروسكوبي لبكتريا Acetobacter xylimum اثبتت وجود السليلوز فيها، وبالمثل لايوجد السليلوز او قد يوجد بكميات ضئيلة جداً فى الطجالب Algae والفطر Fungi والاشينات Iichens ولو أن تركيب الطحالب البحرية marine algae يشبه تركيب السليلوز لدرجة تشجع استعمالة كمصدر لصناعة الورق، وثبت وجود السليلوز فى الخميرة ايضاً ويستدل على وجود السليلوز فى هذه الاحياء باجراء عمليات الفحص بأشعة X. rays أو بعدم ذوبانها فى القلويات، أو باجراء عمليات acetolysis وتكوين سلوبيوز ثماني الخلات او باجراء التحليل المائي الى جلوكوز او تفاعلات الصياغة المميزة Staining reactions.

ومن المؤكد وجود السليلوز فى الجزازيات mosses والسرخسيات ferns اما فى النباتات الراقية spematocyts فيوجد السليلوز فى جميع انسجتها سواء فى الجذر او الساق او الورقة او الزهرة او الثمرة، وقد دلت الاختبارات المختلفة على وجود السليلوز فى البراعم buds واللحاء والخشب والقشرة والشعر والبشرة epidermis وجدر الخلايا والكأس catyxes وحبوب اللقاح pollen والاسدية anthers وشوشوة الذرة corn silk وعروق الورقة وعنق الورقة petiol وغمد الريشة coleoptiles وغلاف الثمرة husks والحبوب seeds .... الخ.

مكان وجود السليلوز في الخلية النباتية :

يتكون النسيج النباتي اينما كان موقعة من النبات من خلايا تختلف فى شكلها ووظيفتها تبعاً لموقعها وتحاط كل خلية فى النسيج المميز بجدار يختلف فى سمكة حيث يتراوح ما بين جزء من الميكرون الى بضعة ميكرونات (الميكرون = واحد على مليون من الملليمتر)، وتفضل بين الخلايا وبعضها طبقة تسمى الصفيحة الوسطي middle lamella وهى طبقة

تتكون من اللجنين والهميسليلوز ولا يوجد بها سليلوز على الاطلاق، ووظيفتها العمل على تماسك الالياف فى النسيج الخشبي خاصة كما تعمل طبقة مونة الاسمنت فى البناء.
اما جدار الخلية فيتكون مورفولوجيا من طبقتين الاولي تكون ملاصقة للصفيحة الوسطي وتسمي بالجدار الأولى او الابتدائي primary cell wall والثانية تتكون من داخل الجدار الاولي وتسميى بالجدار الثانوي secondary ceel wall والرسم التوضيحى الآتي يبين هذه المناطق في جدار الخلية حسب ما توصل اليه Emerton في ١٩٥٧. ويتكون الجدار الابتدائي أو الأولي من شرائط سليلوزية Cellulose fibrils ذات تركيب شبكي دقيق ولكنه مندمج ومختلط مع كميات كبيرة من مواد عضوية غير سليلوزية مثل اللجنين والهميسليلوز والبكتين، وسمك هذا الجدار غير ثابت قابل للازدياد بنمو الخلية، ويحتوي على كثير من الثقوب والفجاوت يجرى خلالها خيوط بروتوبلازمية protoplasmic ويتميز الجدار الثانوي بأنه سميك ويترسب اثناء نمو الخلية من داخل الجدار الأولي ويحتوي على كمية زائدة من اللجنين بجانب السليلوز والمواد غير السليلوزية، ويتكون هذا الجدار من ثلاثة طبقات الخارجية والوسطة والداخلية. الطبقة الخارجية outer secondary wall وهي طبقة رقيقة قليلة السمك وتتكون من حزم طويلة من الشرائط السليلوزية المترتبة فى صورة حلزونية متقاطعة فى اتجاهات متعاكسة حول محور الليفة، والطبقة الوسطي من الجدار الثانوي inner mediate secondary wall طبقة عريضة تشبة فى تركيبها الطبقة التى تسبقها، اما الطبقة الداخلية من الجدار الثانوي inner secondary wall فهي ضيقة وهناك اعتقاد بأن الشرائط السليلوزية تكون فيها ذات تركيب عمودي على محور الليفة.



شكل رقم (١)

ليس هنالك نظرية محددة لتكون السليلوز فى النبات غير أن نظرية (Lundike, (1931 تقول بأن السليلوز يتكون على جدار الخلية حيث يحدث التغيير الاولي جلوكوز فى السيتوبلازم مويترسب على صورة اميلويد amyloid على جدار الخلية ثم يتحول الى ما يسمي intertcellose وبالتالي الى سليلوز.
ثم جاءت نظرية (Farr, (1940 يتكوين السليلوز فى البلاستيدات التى توجد فى سيتوبلازم الخلية احية، وعند درجة خاصة من النمو تنفجر هذه البلاستيدات وينتشر السليلوز فى السيتوبلازم على صورة اجسام بيضاوية ellipsoidal particles حجمها ١.٥ × ١.١ ميكرون ثم تتجمع هذه الاجسام لتكون شرائط سليلوزية Fibrils والتي بدورها تدخل فى بناء الطبقات الثانوية secondary layers لجدار الخلية cell wall.
وباستخدام الميكرسكوب الالكتروني درس (Muhlethala, (1950 كيفية تكوين السليلوز فى الخلية البكتيرية acetobacter xylinum فوجد ان غلافاً لرجا لا تركيبي ليس له شكل محدد stucturless يتكون حول الخلية البكتيرية ثم تظهر فيه الشروط السليلوز fibrils غالباً نتيجة التجمع العديد لاحد مكونات الغلاف.
وفي البادريات نجد تكوين الشرائط السليلوزية يتم اولاص فى الجدار الابتدائي ثم تتكون بعد ذلك شرائط الجدار الثانوي، اما عملية التكوين الكيميائي للسليلوز synthesis فى الخليفة النباتية فتتخلص فى خطوتين:
الأولي: تخليق المواد الكربوهيدراتية فى النبات عن طريق البناء الضوئي photo synthesis وتكوين سكرات الهسكوز الاحادية.
والثانية : التكوين الكيميائي للسليلوز وشواهد هذا التكوين فيما يلي :
الخطوة الاولي : عملية البناء الضوئي :
تتوقف الحياة على سطح الأرض على عملية البناء الضوئي التي تتم فى النباتات الخضراء وتحتاج الى ثاني اكسيد الكربون والماء واشعة الشمس، وذلك بتحويل ثاني اكسيد الكربون الممتص م الجو فى نهاية المطاف الى مواد كربوهيدراتية ومنها يقوم النبات بتخليق جميع ما تحتوية الخلية النباتية من مركبات عضوية مثل الليبيدات والبروتينات وغيرها والتي يتغذي عليها الانسان والحيوان وهكذا تمضي الحياة.
وتتم عملية البناء الضوئي فى البلاستيدات الخضراء الموجودة فى الخلية النباتية حيث يقوم الكلورفيل (اليخضور) بتحويل اشعة الشمس وهي طاقة حرارية الى طاقة كيميائية عن طريق اتحاده مع وحدة الضوء الكمية (الفوتون PHOTO) والتي يتسبب عنها خصم جزئ الماء وتكوين الايدروجين النشط الذي يدخل فى اختزال ثاني اكسيد الكربون (CH_2O) وينفرد جزئ الاكسجين وهو من اهم مخلفات عملية البناء الضوئي كما يتكون فى هذه العلمية مركبات الطاقة الفوسفورية وهي ATP ، NADP وهى من مركبات الطاقة المهمة فى اختزال وتثبيت ثاني اكسيد الكربون وتحويلة فى النهاية الى جزئ سكر جلوكوز كما تعبر عنه المعادلة الاجمالية الآتية:

$$H_2O + NADP + Pi + ADP \xrightarrow{\text{ضوء الشمس}} O_2 + NADPH + H^+ + ATP$$
$$CO_2 + NADPH + H^+ + ATP \longrightarrow glucose + NADP + ADP + Pi$$
$$6CO_2 + 6\,H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تحتاج هذه العلمية فى الاتجاه الايمن اى تكوين الجلوكوز الى ٦٨٦.٠٠٠ كيلو كالوري AG وهي نفس كمية الطاقة التى تنفرد عند الاتجاه الى اليسار اى عند احتراق جزئ الجلوكوز.
[ADP – ATP = ادينوزين ثلاثى وثنائي الفوسفات .NADP. NADPH = نيكوتين اميد ادنين ثنائي نكليوتيد فوسفات وصورته المختزلة].
وقد اثبتت ابحاث كالفن واخرين (Calvin 1960) ان تثبيت ثاني اكسيد الكربون يحتاج بجانب ما سبق الى وجود المركب ريبولوز ١ و ٥ ثنائي فوسفات (يوجد فى خلية) حيث يمر فى خطوات وسطية يتحول بعدها الى مشتقات فوسفورية لحامض الجلسريك وهذه يعاد بناؤها بواسطة التفاعلات الانزيمية تكون الفركتوز ٦ فوسفات (اول سكر ينتج عن عملية البناء الضوئي) ومنه تتكون بقية السكريات الاحادية وبالتالى السكريات الثنائية ثم العديد خلال تفاعلات انزيمية متعددة (يرجع فى ذلك فى كتب الكيمياء الحيوية)، وفيما يلى خوات تثبيت ثاني اكسيد الكربون.
يدخل الفركتوز فى دورة تكوين سكرات النتروز وبالتالي سكرات البنتوزان، كما يدخل الجلوكوز فى تكوين سكرات الجلاكتوز والمانوز وسكراتها الثنائية كالاميلوز والسيبيوز وسكراتها العديدة كالمانان والجلكتان والجلوكان والنشا والسليلوز وغيرها.

Rub-1,5-diphosphate

$+ CO_2$

Sun light

2-Carboxy-3-ketopentose 1,5-diphosphate

3-Phospoglyceric acid

NADPH

Glyceraldehyde phosphate

Isomerase

Dihydroxyacetone phosphate

Aldolase

Fructose-1,6-diphosphate

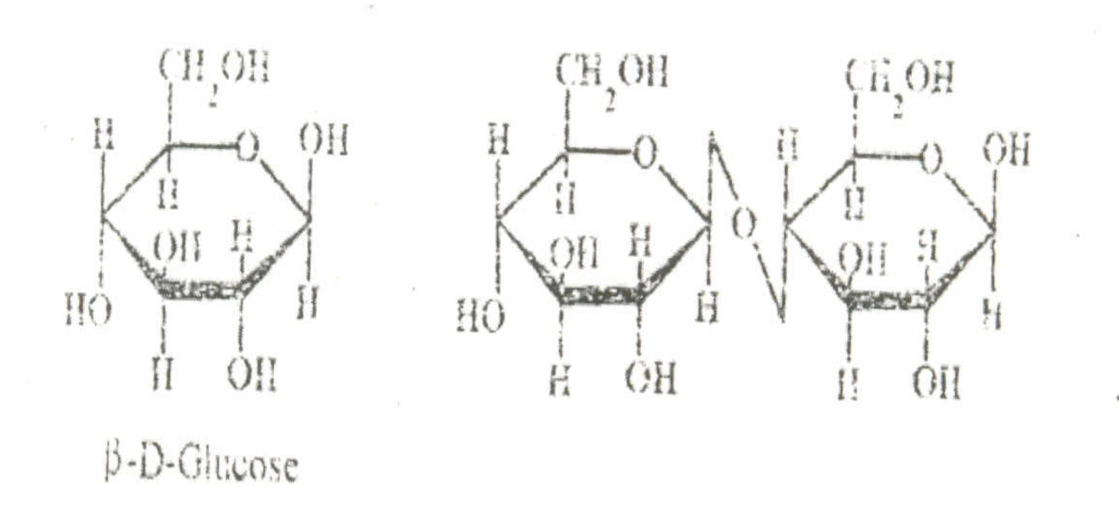
Fructose-6-phosphate

Glucose-6-phosphate

الخطوة الثانية : التكوين الكيميائي للسليلوز وشواهد هذا التكوين :

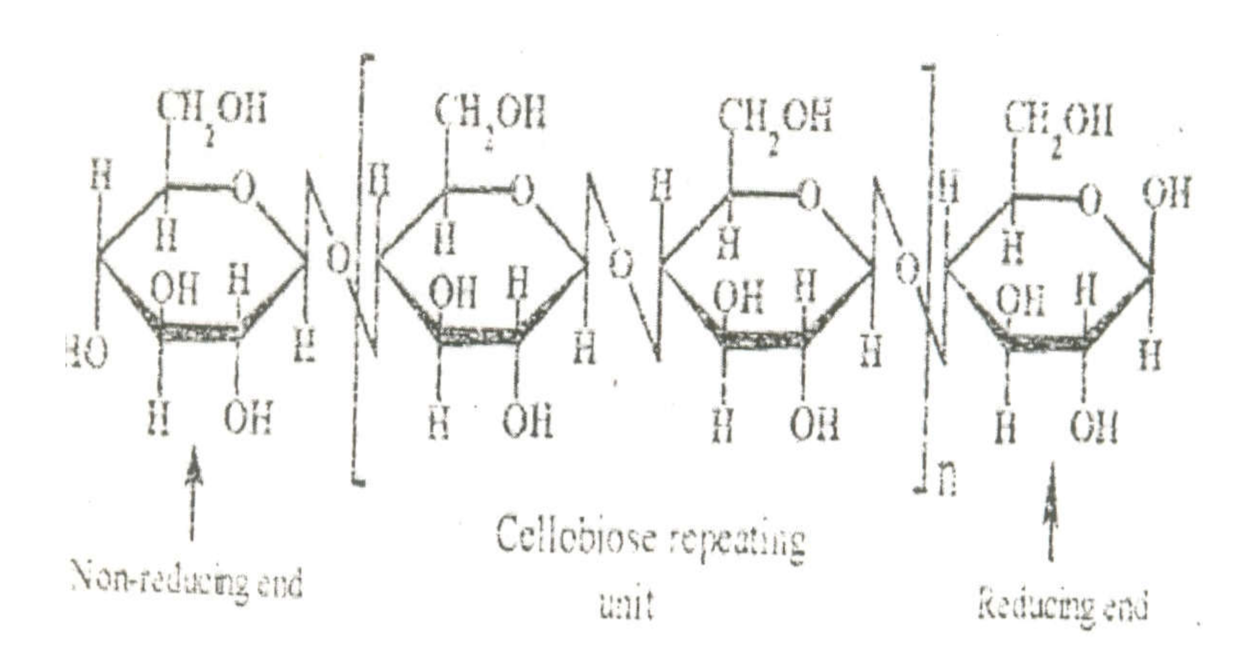
بعد تكوين الجلوكوز-٦-فوسفات يتكون منه جلوكوز-١-فوسفات حيث يحدث له تنشيط باتحاده مع مركب الطاقة يوريدين ثلاثي الفوسفات (UTP) لتكوين مركب وسطي عني فى الطاقة هو اليوريدين ثنائي الفوسفات مع سكر UDP-glucose وفى هذه الخطوة يكون هذا المركب هو المسئول عن تكوين مركبات الطاقة مع السكرات الأخري مثل : UDP-glucouronate، UDP-Mannose، UDP xylose، UDP galactose، UDP-L-arabinose، UDP-galactouronate وذلك عن طريق التأثير المباشر او غير المباشر للانزيمت المختلفة [UPT، UDP، UMP عبارة عن مركبات الطاقة المسماه يوريدين، احادي، ثنائي، ثلاثى- فوسفات].

وفى الخطوة الاخيرة تتكون الرابطة الجليكوزيدة سواء من سكر الطاقة UDP-glucose او من خلال جلوكوز-١-فوسفات او من اتحاد الاثنين معاً بواسطة التفاعلات الانزيمية الناقلة للرابطة الجليكوزيدية glucosytrans ferase يتكون سكرات ثنائية وثلاثية واليجو وعديدة كما فى النشا والسليلوز والهيمسليلوز وغيرها. وفى النهاية يتكون السليلوز على صورة جزيئات كبيرة غير متفرعة مكونة من وحدات م-جلوكوز مرتبطة مع بعضها برابطة بيتا-١و٤-جليكوزيدية فى سلاسل طويلة كما فى الرمز التالي:



β-D-Glucose

Cellobiose



Cellobiose repeating unit

ومن أبرز خواصة ارتباط هذه السلاسل فيما بين بعضها لتكوين الشرائط السليلوزية fibriller micells ثم الالياف السليلوزية غير الذائبة فى الماء، وقد دلت وسائل الفحص بأشعة اكس علي أن هذه الالياف ذات تركيب بللوري فى معظمها.

ومن شواهد هذه التكوين انه باستعمال م.جلوكوز يحتوي على كربون مشع وجد أنه يدخل فى تكوين السليلوز سواء فى النباتات الراقية او الاسيتوباكتر زيلينم وهذا الاستعمال لابد انه قد حدث دون المرور على اى خطوات وسطية سوى مشتقات الجلوكوز المشع وجدت فى السليلوز الناتج فى نفس مواقعها التى كانت عليها فى الجلوكوز المستعمل وقد تمكن جلاسر glaser 1959 من استخلاص انزيم من نوع ترانسيفيز من بكتريا استيوباكتر زيلينم فى استطاعته تخليق السليلوز من UDP-glucose فى وجود دكسترينات ذائبة كمواد بادئة.

مكونات السليلوز : Cellulose fractions

السليلوز من وجهة النظر الكيميائية عبارة عن سكر عديد polysaccharide لسلسلته طول معين يختلف باختلاف مصدره، عديم الذوبان فى الماء او الاحماض او القلويات المخففة على درجات الحرارة العادية ويتكون الجزئ كما سبق القول من وحدات الجلوكوز مرتبطة مع بعضها خلال ذرات الكربون (١ ، ٤) بواسطة رابطة جليكوزيدية من النوع بيتا B- glucosydic linkage ويجب الاخذ فى الاعتبار ان التعريف السابق لا يدل على ان السليلوز يتكون من جزيئات محددة متساوية الوزن، ولكن الحقيقة ان كل جزئ يختلف عن الآخر فى عدد وحدات الجلوكوز المكونة له فى اوسع حدود الاختلاف لأنه العينة الواحدة من السليلوز تحتوي على عديد من الجزيئات المختلفة فى طولها وعلى ذلك فدرجة التجمع او البلمرة Degree of polymerization (D.P) التي تدل على هذا التركيبي انما تدل على متوسط عدد وحدات الجلوكوز فى الجزء ويحتوي السليلوز الطبيعي (بعد الحصول عليه بطرق التحضير المختلفة وطرق التنقية) على ثلاثة مكونات fractions هل الفا وبيتا وجاما سليلوز كما يلي:

- **الفا سليلوز alpha cellulose** : هو ذلك الجزء من السليلوز الذى لا يذوب فى محلول مركز من الصودا الكاوية على البارد وتركيزه ١٧.٥%. الفاسليلوز هو ذلك الجزء الذي يطلق علية سليلوز حقيقي true cellulose وهو الناتج من تجمع او تبلمر جزيئات الجلوكوز.
- **بيتا سليوز beta cellulose** : فهو ذلك الجزء من السليلوز الذي يذوب فى محلول الصودا الكاوية السابق ولكنه يرسب عند تحميض المحلول.
- **جاما سليلوز** : فهو الجزء الذي يذوب فى ١٧.٥% صودا كاوية ولا يرسب بالتحميض، بيتا وجاما سليلوز تختلف فى تكوينها الآراء فهى قد تحتوى على نواتج تجميع لسكرات اخري مثل الزيلان او نواتج اكسدة مثل اوكسي سليلوز او هو عبارة عن سليلوز حقيقي ولكنه قصير السلسلة وصغير فى وزنة الجزئي، كما يعتقد البعض ان بيتا سليلوز في لب الخشب ما هو الا نواتج التكسير الكيميائي للألفا سليوز اثناء عملية تحضير اللب، اما جاما سليلوز فهو عبارة عن هيمسليلوز، وعلى العموم تتعدد الآراء فى هذا الموضوع :

فمن رأي Ratlife (1957), Wise (1946) أن الالفا سليلوز هو السليلوز الحقيقي المتكون من بلمرة الجلوكوز الا أنه قد يحتوي رغم ذلك على قليل من الهيمسليلوز على صورة الزيلان او مانان تبعاً لمصدره النباتي وذلك على صورة متحدة مع الجلوكوز يصعب التخلص منها فى عمليات تحضير اللب وان بيتا سليلوز ما هو الا الفا سليلوز غير أنه قصير السلسلة ومن المحتمل ان يكون مصحوباً ببعض السكرات العديدة الاخري، بينما جاما سليلوز يحتوي على سكرات عديدة تختلف فى تركيبها اختلافاً كبيراً يشبه الى حد ذلك الاختلاف الموجود فى الهيمسليلوز اليورونيه – ويؤيد هذا الرأي Steman and Work بوجود علاقة وثيقة بين المواد الكربوهيدراتية غير السليلوزية (الهيمسليلوز) والجاما سليلوز فى اللب، كما يعتقد ايضاً ان الفاسليلوز يمكن تحويله جميعة الى بيتا سليلوز بعمليات التكسير الكيميائي ولكن بيتا سليلوز لا يمكن تحويلة اى تكسيرة كيميائياً الى جاما سليلوز، وقبل ذلك دل الفحص بواسطة الميكرسكوب الالكتروني مع التصوير بأشعة اكس الذي قام به Ranbey (1952) على لب محضر من خشب رخو soft wood بطريقتي السلفيت والسلفات، دل على ان الفا سليلوز وجاما سليلوز يختلفان عن بعضها اختلافاً كلياً، فالأول من شرائط سليلوزية بينما الثاني يتكون من صنف الرقائق المنتشرة dispersed غير محددة التركيب اما بيتا سليلوزية فقد وجد على أنه نوع من الفا سليلوز ولكنه قصير السلاسل، ويؤيد ذلك أن بيتا سليلوز يزداد فى كميته كلما حدث تكسير كيميائي للسليلوز اثناء العمليات التكنولوجية المختلفة.

المصادر الطبيعية للسليلوز

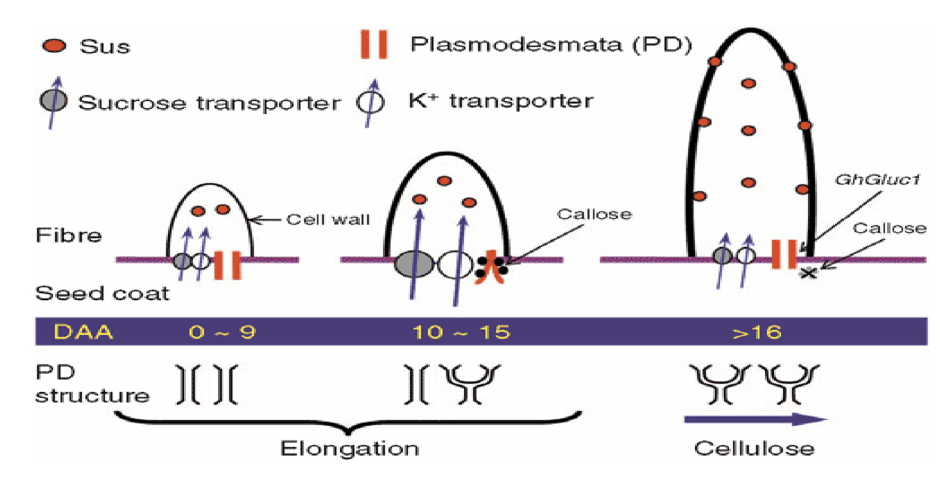
يتكون السليولوز في الطبيعة علي صورة ألياف توجد في المصادر النباتية المختلفة ، وتوجد موزعة علي جميع أجزاء النبات ، والجدول التالي يوضح المصادر النباتية المختلفة لهذا السكر العديد :

جدول رقم (٢) :

النباتات التي يتواجد بها السليولوز	نوع الألياف	
بذور القطن Cotton seed	Hair fibers	ألياف شعر البذور
ألياف لحائية: Best fibers الكتان Flax – التيل Hemp – الجوت Jute الرامي Ramie ألياف سوقية: البامبو Bamboo – قصب السكر (مصاصة القصبBagasse) sugar cane – الاسبارتو Esparto – مخلفات المزرعة مثل حطب الذرة وقش الأرز والتبن وحطب القطن	Stem fibers	ألياف من ساق النبات
تيل نيوزلاند N.Z. Hemp – تيل مانيلا Manila Hemp – السيسال Sissal – ألياف الصبار Aloe – النخيل Palm	Leaf fibers	ألياف ورقية
جوز الهند Coconut	Fruit fibers	ألياف ثمرية
الأشجار المخروطية Coniferous woods – الأشجار متساقطة الأوراق Deciduous woods	Wood fibers	ألياف خشبية

شعر القطن Cotton hair:

يعتبر شعر القطن من أنقي مصادر السليولوز الموجودة في الطبيعة ، وهو يتكون بصفة عامة من ٨٨ – ٩٦% سليولوز ، ١.١ – ١.٩% بروتين ، ٠.٧ – ١.٠٦% رماد ، ٠.٤ – ١% شمع ، ٠.٥ – ١% أحماض عضوية (أكساليك وستريك وغيرها) ، ٣% سكرات كلية ن ويرجع الاختلاف في مكونات شعر القطن إلي اختلاف المعاملات الزراعية ونوع التربة والظروف الجوية والأصناف ، ويختلف التركيب الكيميائي لشعر القطن المصري اختلافا بسيطا تبعا لصنف القطن ومكان زراعته ويتميز السليولوز الموجود بالقطن المصري انه يتكون من ٩٨ – ٩٩% ألفا سليولوز ، ١ – ٢% بيتا سليولوز في حين لايحتوي علي جاما سليولوز نهائيا. ويوجد في سطح بذرة القطن نوعان من الشعر هما التيلة Lint وهي الشعر الطويل ، والزغب Linters وهو الشعر القصير.



شكل رقم (٢)

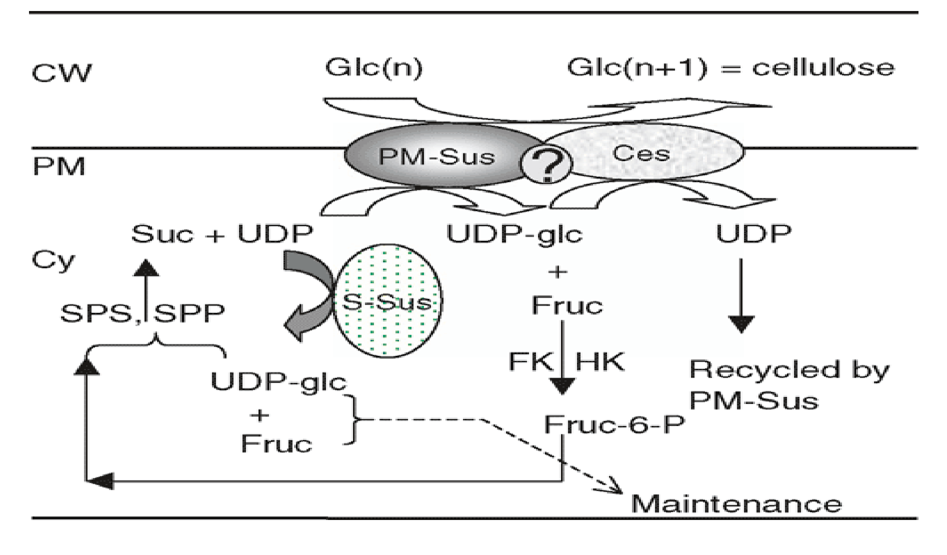
النموذج المتكامل لليفة القطن(*) وزيادة نموها واستطالتها وثانوياً تكوين الخلية السليلوزية.
an intergrated model on cooton fibre elongation and secondary cell cellulose synthesis mediated by PD and Sus.

الاستطالة المبكرة من ٠-٩ DAA,PD تفتح solute import. فى هذه المرحلة استخدام Sus-mediated sucrose وفقد التمدد المنظم لجدر الخلية يعتبر تأثير حرج لعملية الاستطالة.
the sus-mediated sucrose utilization and the expansin-regulated cell wall loosening are critical for elongation.

وفى وسط عملية الاستطالة تتوقف PD وتتوافق coincided مع أقصي نقل للمأكول من السكروز والبوتاسيوم K^+ ومعهما يمكن تولد وحفظ انتفاخات عالية فى الالياف a high turgor in the fibres لاستدامة التمدد والاستطالة، وفى النهاية عند ١٦- DAA يعاد فتح PD لتبادل المذاب Solute exchange والتي قد يطلق انتفاخات عالية the turgor من الالياف. وهذا مع زيادة صلابة جدار الخلية (توضح بأبعاد التمدد indicated by the diminished expression of

(*) المصدر : BCH PLS PPA 609 Lecture Eleven B Web Notes.htm\

expansin) واعادة تنظيم الهيكل cytoskeletons وتنتهي لتصل لمرحلة النهاية عملية الاستطالة. فى هذه المرحلة يبدأ جزء من بروتينات Sus للارتباط مع اغشية البلازما the plasma membrane تنتقل الى منطقة جدار الخلية لتدعيم التكوين الثانوي المكثف لسليلوز جدار الخلية الثانوي. وتفرع PD الى عملية زيادة سمك جدار الخلية الثانوي لتعمل كجزئ مثقب (منخل – مثقب) molecule sieve لربط محكم الجزيئات الكبري للنقل بين الالياف وخلايا البشرة العادية قد تسمح بدخول منشطات لتكوين السليلوز بينما المنظمات السالبة مثل استبعاد المواد المسئولة عن قمع تكوين السليلوز.
macromolecule to serve as a "molecule sieve" for tight control of macromolecule trafficking between fibers and adjacent normal epidermal cells such that input of activators for cellulose synthesis may be permitted whereas negative regulators, such as repressors, are excluded.



شكل رقم (٣)

نموذج مرور الكربون من السكروز الى التكوين الثانوي للجدار الخلوي السليلوزي بوساطة الغشاء البلازمي المرتبط مع Sus فى ليفة القطن فى هذه المرحلة من تطور الالياف يرتبط من بروتين Sus مع غشاء البلازما (PM-Sus).
a substantial protein of the Sus protein is associated with the plasma membrane (PM-Sus) which may form a complex. والتي قد تكون معقد سواء مباشرة او غير مباشرة مع انزيم سليلوز سينثيز (Ces) بالى الكربون من السكروز الى السليلوز. وقد يتحلق الفركتوز الى سكروز خلال the sequential action للفركتوكينيز (FK) او الهكسوكينز (HK) وسكروز – فوسفات سنثيز (SPS) ، سكروز – ٦ – فوسفات فوسفاتيز(SPP). Sus الذائب (S-Sus) يكسر degrades السكروز لحفظ الحياة وميتابوليزم البقاء خلال الجليكولسيس.

الكتان Flax:

نبات الكتان هو مصدر الألياف المستعملة في صناعة النسيج ويبلغ طول الليفة من ٢٥ – ٣١ ميللمتر ، وتكونالألياف متجمعة في حزم ليفية يتراوح طولها من ٦ – ٤٠ بوصة وبمتوسط قدره ١٥ – ٢٥ بوصة ، والحزم الليفية عبارة عن تجمعات كبيرة من الخلايا الليفية ملتصقة ببعضها بمادة صمغية تحتوي علي نسبة عالية من البكتين ن ويزال جزء كبير منها أثناء عملية التعطين بحيث تنفصل عن ساق النبات ثم تنفصل بعدها إلي حزم صغيرة ، والليفة اسطوانية الشكل مدببة الأطراف ملساء السطح إلا في بعض مواضع يظهر عليها عقد تأخذ شكل حرف X ، ولها قناة وسطية تنتهي قرب الأطراف ولها مقطع متعدد الأضلاع.

والتركيب الكيميائي لألياف الكتان يشابه تركيب ألياف القطن فهي تحتوي علي سليولوز ٧١ – ٨٢.٥% ، رطوبة ٨.٥ – ١٠.٥% ، دهون وشموع ٢.٥% ، مواد بينية (بكتين ولجنين) ٢.٧ – ٩.٤% ، رماد ٠.٧ – ١.٣% ، مواد ذائبة في الماء ٦.٦٥% .

ومن الفضل قطع نبات الكتان قبل تكوينه للبذور للحصول علي ألياف جيدة أما النبات التي تزرع إنتاج البذور فإنها تعطي ألياف قصيرة تستعمل في صناعة الورق ، وليفة الكتان أمتن وأقوي من ليفة القطن ولها لمعة جيدة ما عدا أصناف الكتان المطفي فلمعانها مطفي ، وللألياف قوة شد تصل ضعف أو ثلاثة أضعاف قوة شد القطن ولها قوة امتصاص عالية.

التيل Hemp:

يطلق لفظ Hemp علي كثير من الألياف اللحائية من نوع التيل ، والنبات العادي يعطي أليافا تحتوي علي سليولوز يقرب في نسبته ألياف الكتان وطول الليفة من ٥٠ – ٥٥ ملليمتر وعرضها ٠.٠٢٢ ميللمتر، وتستخلص الألياف أيضا بالتعطين وتستعمل غالبا في انتاج الدوبارة والحبال والعبوات ولو أن كثيرا من الألياف الأخري تحل محله في انتاج هذه المصنوعات. والليفة اسطوانية الشكل ولكنها غير منتظمة ومقطعها العرضي متعدد الأضلاع دائري الحواف وجدارها سميك وقناتها الوسطي عريضة ومبططة وتنتهي قرب الأطراف وطرف الليفة مقطوش غير منتظم الشكل وقد يظهر متفرعا والتركيب الكيميائي للألياف الخام : ٧٧.٨% سليولوز ، ٩.٣١% مواد بينية (يكتين ولجنين) ، رطوبة ٨.٨٨% ، مستخلص مائي ٣.٥% ، دهون وشموع ٠.٦٥% ، رماد ٠.٨٢%.

الجوت Jute:

ونحصل عليه من جنس *Corchorus* وهو مصدر غير مهم في صناعة الورق ولكنه يدخل في صناعة الزكائب والأكياس وهو أرخص أنواع ألياف النسيج وتستخلص الألياف بطريقة التعطين كما في الكتان ، تتميز هذه الألياف باحتوائها علي نسبة عالية من الزيلان تصل إلي ١١ – ١٢% وطول الليفة في الجوت ٢ ميلليمتر وعرضها ٠.٢٢ ميلليمتر.

وتالتركيب الكيميائي لليفة كالتالي: سليولوز ٦٤.٢% ، مواد بينية (لجنين وبكتين) ٢٤.٤% ، رطوبة ٩.٩% ، دهون وشموع ٠.٣٩% مستخلص مائي ١.٠٣% ورماد ٠.٦٨%.

الرامي Rumie:

يعرف أيضا بحشيشة الصين China grass وهو من النباتات التي استعملت في الشرق لإنتاج ألياف النسيج منذ ألاف السنين ، وتتميز أليافه بشدة لمعانها وأن لها قوة شد عالية ، وقليلة التأثر بالرطوبة و تحتوي علي نسبة عالية من الألفا سليولوز (٩٦ – ٩٨%) ، ويبلغ طول الليفة من ٠.٥ – ٢٠ بوصة بمتوسط قدره ٥ – ٦ بوصة وعرضها من ٣٥ – ٧٥ ميكرون والليفة اسطوانية تظهر عليها عقد والقناة الوسطي ظاهرة ومميزة ومقطع الليفة متعدد الأضلاع.

وألياف الرامي يصعب الحصول عليها بالتعطين كما هو الحال مع الكتان والجوت ، ولكن يلزم فصلها باليد وهو ما يتبع في الصين.

والتركيب الكيميائي لألياف الرامي الخام هو : سليولوز ٨٣.٣% ، مواد بينية (لجنين وبكتين) ٧.٥١% ، دهن وشموع ٢٢% مستخلص مائي ٦.٩% ، رماد ٢.١% .

الألياف الورقية Leaf fibers:

يستعمل الكثير من الألياف الورقية في الصناعة وخصوصا صناعة الحبال والدوبارة ومن أهم النباتات التي تستخد أليافها الورقية نبات الأباكا Abaca hemp وتفصل أليافه ميكانيكيا ثم تنقي وتجفف في الشمس ، ومنها أيضا نبات السيسال Sissal والذي تفصل أليافه من الأوراق بطرق ميكانيكية ايضا ، ويبلغ طول الليفة ٥٠ – ١٥٠ سم ويصل وزنها حوالي ٤ – ٥% من وزن الأوراق الخضراء.

الألياف الخشبية Wood fibers:

تنتشر الأشجار الخشبية في جميع أنحاء العالم وتعتبر من أهم المصادر في الحصول علي السليولوز للأغراض الصناعية ويوجد من الخشب نوعين أساسين:

١- الخشب الرخو Soft wood :

وهو خشب الأشجار المخروطية معراة البذور ومنها أشجار الصنوبر Pins والتنوب Spruce والتنوب الكندي Hemlock والتنوب الرومي الأبيض والفضي Fir ن وتتميز هذه الأشجار بأنها مستديمة الخضرة Evergreen واوراقها إبرية الشكل وأليافها الخشبية طويلة ذات جدر رفيعة يبلغ متوسط طولها ٣ ميلليمتر.

٢- الخشب الصلد (الصلب) Hard wood:

ويحصل عليه من الأشجار ذات الفلقتين أو مغطاة البذور ومنها أشجار الحور Polar والحور الرجواج Aspen والزان Beech والخرنوب ومنها السنط (الخرنوب المصري) Gun وشجر التامول Brich والصفصاف Willow والبلوط Oak، وهذه الأشجار منها ما هو متساقط الأوراق أو مستديم الخضرة وتتميز بأن أوراقها عريضة وأليافها الخشبية مندمجة ذات جدر سميكة يبلغ متوسط طولها ١ ميلليمتر.

والجدول رقم (٣) يبين التركيب الكيميائي لهذين النوعين من الأخشاب:

النوع	رماد	دهون	شموع	بروتين	بنتوزان	ميثايل بنتوزان	سليولوز به بنتوزان	سليلوز خالي من البنتوزان	لجنين
خشب رخو									
التنوب	٠.٧٧	٠.٧٨	١.٥٢	٠.٦٩	١١.٣	٣	٦٣.٩٥	٥٧.٨٤	٢٨.٢٩
الصنوبر	٠.٣٩	١.٩٢	١.٥٣	٠.٨	١١.٠٢	٢.٢٣	٦٠.٥٤	٥٤.٢٥	٢٦.٣٥
خشب صلب									
الزان	١.١٧	٠.٣١	١.٤٧	١.٠٥	٢٤.٨٦	١.٠٢	٦٧.٠٩	٥٣.٤٦	٢٢.٤٦
التامول	٠.٣٩	٠.٧١	١.٠٩	٠.٧٤	٢٧.٠٧	٠.٨٤	٦٤.١٦	٤٥.٣	١٩.٠٦
الحور	٠.٣٢	١.٠٨	٢.٠٨	٠.٦٣	٢٣.٧٥	٠.٧٢	٦٢.٨٩	٤٧.١	١٨.٢٤

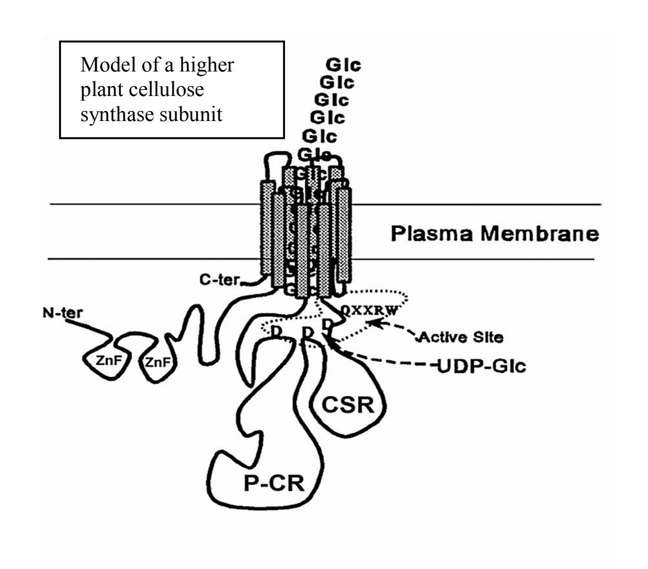
يستعمل كلا النوعين من الخشب فى صناعة اللب Pulp، الا ان الخشب الرخو هو الاكثر والافضل فى الاستعمال، وتتلخص عملية تحضير اللب فى استخلاص السليلوز بثلاثة طرق كيميائية مشهورة تستعمل فى الصناعة هى طريقة السلفيت وطريقة السلفات وتستخدمان فى الخشب الرخو وطريقة الصودا الكاوية وتستعمل للخشب الصلب، ولب الخشب

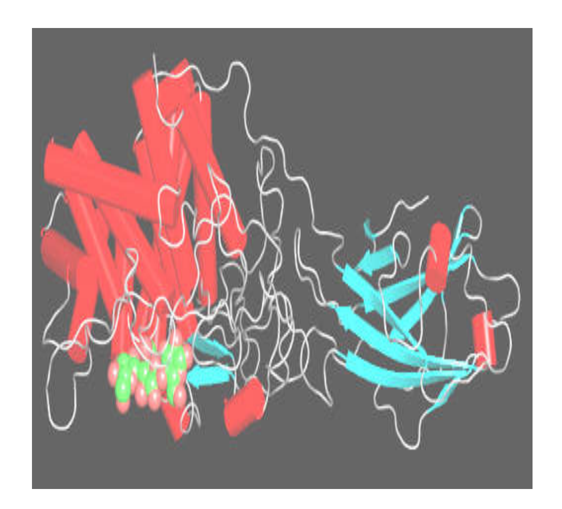
الذي يدخل فى الصناعات الكيماوية بصورة ذائبة والذي يسمي اللبل الذائب dissolved pulp يحضر عادة بطريقة السلفيت ومن الاشجار الخشبية التى تزرع فى مصر، السنط البلدي والفتية والسرو والجميز والزنزلخت والتوت والحور واللكازورينا والكافور والبندق والصفصات والعبل او الاتل واللبخ والسرسوع وغيرها، وفيما يلى اتركيب الكيميائي لبعض الاشجار المحلية واسعة الانتشار فى الريف المصري.

جدول رقم (٤) :

الشجرة		المكونات الكميائية %			
		رماد	لجنين	هيمسليلوز	سليلوز
السنط	*acasia avabica*	١.٩٦	٢٠.٢	٢١.٥٠	٥٧.٠
كازوارنيا	*Casurina equisifolia*	١.٢٠	٢٤.٩٠	٢٠.٣٤	٥٢.٥٠
كافور	*Encalyplus rostrata*	٠.٧٠	٢١.٢٠	١٩.٥٨	٥٠.١٦
جميز	*Ficurs sycomorus*	٣.٩٩	٢٩.٢٨	١٤.٤٦	٥٠.٢٩
توت	*Motus alba*	١.٦٣	٢٨.٧٣	٢٠.٠٣	٥١.٠٤
صفصاف	*Salix babylonica*	٠.٨٥	٢٤.١٨	١٧.٤٣	٥٨.٨٤
عبل أو اتل	*Tammarix articulata*	٢.١٣	٢٢.٦١	١٨.٠٠	٥٦.٤٨

تنظيم سليلوز سنيثيز فى النباتات الراقية (*)
Regulation of cellulose synthase in higher plants





شكل رقم (٤)

السليوليز Cellulase :

يشير السليوليز الى قسم Class من الانزيمات تنتج اساساً من الفطريات والبكتيريا والبروتوزوا والتى تقوم بهدمه وتحليله. Cellulolysis (تحليل السليلوز)، ومع ذلك ينتج السليوليز بأنواع أخري من الكائنات مثل النباتات والحيوانات، ومعروف حالياً عدة انواع مختلفة من السليوليز والتى تختلف فى تركيبها وميكانيكية عملها. وهذه المجموعة من الانزيمات

The EC number for this group of enzymes is EC 3.2.1.4.

(http://expasy.org/enzyme/3.2.1.4).

Reaction: Endohydrolysis of 1.4-beta-D-glycosidic linkages in cellulose, lichenin and cereal beta-D-glucans.

Other names: Endoglucanase. Endo-1.4-beta-glucanase. Carboxymethyl cellulase. Endo-1,4-beta-D-glucanase. Beta-1,4-glucanase. Beta-1,4-endoglucan hydrolase. Celludextrainase. Avicelase.

الأنواع والفعل Types and action :

خمسة نماذج أو أنواع عامة من السليوليز على اساس نوع / نموذج التفاعل الذى يقوم به :

١- Endo-cellulase يعطى الروابط الداخلية disrupt التركيب البللوري للسليلوز ويعرض expose فردياً السلليلوز ذات سلاسل السكرات العديدة.
٢- Exo-cellulase يكسر وحدات ٢-٤ من نهايات السلاسل المعرضة بواسطة Endo-cellulase يوجد نموذجين من exo-cellulase (او سلوبيوهيدروليز CBH) – احد النموذجين يعمل سلسلة تفاعلات من النهاية المختزلة، والنموذج الآخر يعمل سلسة تفاعلات من النهاية غير المختزلة للسليلوز.
٣- Cellobiase أو بيتا-جلوكوسيديز تحلل نواتج exo-cellulase الى سكرات احادية مونو سكريدز فردياً.
٤- Oxidative cellulases يزيل بلمرة السليلوز depolymerize cellulose بتفاعلات أصلية واساسية radical reactions مثل سلوبيوز ديهيدروجينيز.
٥- Cellulose phosphorlases تزيل بلمرة السليلوز باستخدام الفوسفات بدلاً من الماء.
٦- Cellulase لا تذيب كيماويات معينة موجودة فى بعض الفواكة مثل الموز والجريب فروت والتفاح.

فى معظم الحالات المألوفة لنشاط السليوليز، يحلل معقد الانزيم السليلوز الى بيتا جلوكوز. هذا النموذج من السليوليز ينتج اساساً بواسطة البكتريا التكافلية symbiotic bacteria فى المجترات آكلة العشب herbivores. بجانب المجترات، معظم

(*) المصدر : file://K:\cellulase-wikipedia., the free encyclopedia.htm. 17/12/2007

الحيوانات (تشمل الانسان) تنتج سليوليز فى جسمها وبالتالي لاتقدر على استخدام معظم محتوي الطاقة فى المادة النباتية.
الانزيمات التى تحلل الهيمي سليلوز عادة يشار اليها هيمي سليوليز hemi cellulase وعادة يتم تصنيفها تحت السليوليز عامة، تصنف الانزيمات التى تكسر اللجنين بالمناسبة كسليوليز ولكن ذلك يعتبر عادة خطأ.
خلال النماذج المذكورة عالية يوجد ايضاً نماذج تصاعدية وغير تصاعدية.
Progressive (known as processive) and non-progressive types.

*- progressive cellulose يستمر فى التفاعل مع سكر عديد فردي single polysaccharide strand.

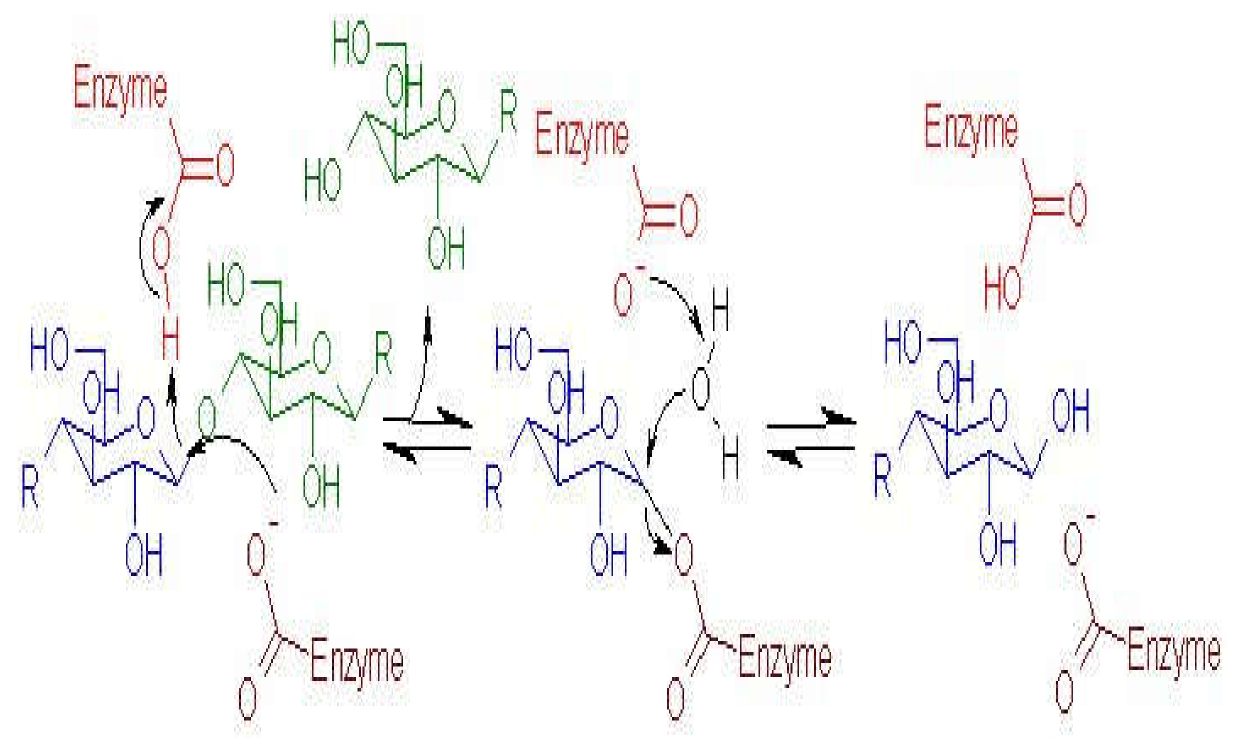
*- non-progressive cellulose يتفاعل مرة ثم يفك disengage ويرتبط engage مع سكر عديد آخر another polysaccharide strand.

معظم انزيمات السليوليز الفطرية لها تركيبتين اساسيتين مع واحد حافز one catalytic domain وواحد سليلوز مرتبط one celullose binding domain وترتبط برابطة مرنة connected by a flexible linker.
Most fungel cellulases have a two-domain structure with one catalytic domain, and one cellulose binding domain, thar are connected by aflexible linker.
هذا التركيب مهيأ للعمل على مواد غير ذائبة وهي تسمح للإنزيم للإنتشار فى اتجاهين to diffuse two-dimensionally على السطح فى طريق دودي caterpillar way. ومع ذلك يوجد ايضاً سليوليز (غالباً اندو جلوكاينيز) الذي يعوز السليلوز المرتبط وهذه الانزيمات قد يكون لها فعل الانتفاخ او التضخم swelling function.

ميكانيكية السليوليز Mechanism of cellulolysis :

النماذج الثلاثة من التفاعل يتم تحفيزة بانزيم السليوليز:

١- كسر التفاعلات غير التساهمية non-covalent interactions الموجودة فى التركيب البللوري للسليلوز (اندو-سليوليز).
٢- تحليل الياف السليلوز الفردية لكسرها الى سكرات أصغر (اكسو-سليوليز).
٣- تحليل السكرات الثنائية والسكرات الرباعية الى الجلوكوز (بيتا جلوكوز سيديز).



Mechanistic details of beta-glucosidase activity of cellulase.

الاستعمالات Uses :

يستخدم السليوليز للتجهيز التجاري للأغذية، ويقوم بتحليل السليلوز خلال تجفيف الفول اكثر من ذلك، يستعمل السليوليز بتوسع فى صناعات النسيج textile وفى منظفات الغسيل. وايضاً فى صناعات اللب والورق لمختلف الأغراض، وفي التطبيقات الصيدلنية يستخدم السليوليز فى تخمير الكتلة الحيوية الى الوقود الحيوي، رغم أن هذه العملية فى طور التجربة حالياً. يستخدم السليوليز كمعامل للـ phytobezoars صورة ترياق السليلوز cellulose bezoar موجودة فى معدة الانسان.

الانتاج والتطبيق التجاري Commercial production and application :

شركات انتاج الانزيم تستخدم الفطر لتطور وتصنيع السليوليز فى ١٥٠ ألف لتر مخمر صناعي مع استخدام الهندسة الوراثية وشركات genetic engineering and genomics companies التى تستخدم اساليب بيولوجية حديثة Dyadic`s patented Host Technology لتطور وتصنيع احجام كبيرة لمخاليط الانزيمات المنتج الافضل لانتاج cellulosic ethanol اكثر اقتصاداً، والتطور التجاري للسليلوز مازال بطيئاً.

السكرات العديدة فى جدار الخلية Cell wall poly saccharides :

السليلوز عبارة بولمر (مركب كيمائي يشكل بالتبلمر) بيولوجي اكثر وفرة وغزارة، وهو أكبر مكون تركيبي للنبات cell wall or extracellular matrix. مثل الاميلوز، السليلوز هو بولمر متجانس خطي.

linear homopolymer of D-glucose units لوحدات جلوكوز (D) مع ذرة كربون (١) في النهاية غير المختزلة مرتبطة بذرة كربون (٤) للجلوكوز على النهاية المختزلة. ومع ذلك، للسليلوز رابطة جلوكوسيدية بيتا ١ ، ٤ أكثر من الفا ١ ، ٤ فى حالة الاميلوز، هذا اختلاف بسيط له تأثيرات عديدة على التركيبات لهذين الجزيئين. وحدات الجلوكوز برابطة الفا ١ ، ٤ مرتبطة ارتباط قليل وهذه البلمرات تميل الي تهيئة تكوينات حلزونية لولبية helical or corkscrew conformations بينما السليلوز بة رابطة جلوكوسيدية بيتا ١ ، ٤ تهئ تكوينات ممتدة جداً مع بدائل اكثر ثباتاً. وقد ثبت أن الانزيمات التى تحلل روابط جلوكوسيدية الفا ١.٤ ليس لها نشاط وفعاليه مع روابط جلوكوسيدية بيتا ١ ، ٤ وايضاً انزيمات تحليل روابط بيتا جلوكوسيديز B-glucosidases ليس لها نشاط مع روابط الفا.

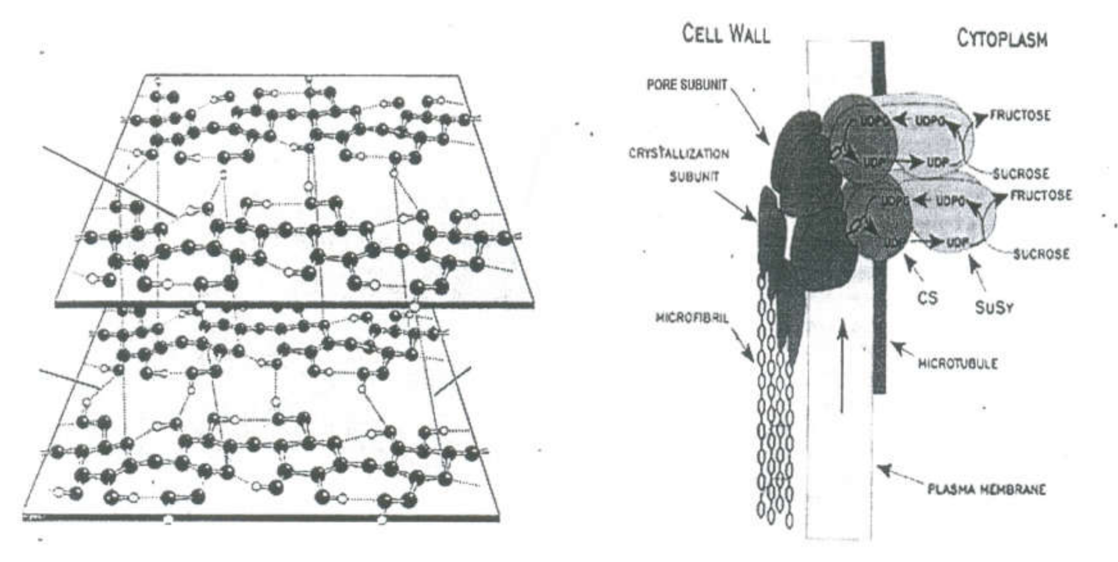
يعتبر السليلوز واحد من المكونات الاساسية لكل من جدر الخلية النباتية الاولي والثانوي ويصل الى ٤٠% من جدر الخلية الثانوي. درجة البلمرة للسليلوز فى الجدر الاولية ٢٠٠٠-٦٠٠٠ وحدات جلوكوز ، ١٠٠٠٠ متبقيات فى الجدر الثانوية. وتعبأ بلمرات السليلوز متوازية مع بعضها فى تراكيب تعرف microfibrils تتكون من ٣٦ سلاسل سليلوز. وفى الجدر الثانوية هذه الليفات الصغري microfibrils تكون غالباً اكثر مصاحبة فى الليفات الكبري macrofibrils او فى حزم in bundles.

β-1,4 - Glucose Disaccharide (Cellobiose)

β-1,3 - Glucose Disaccharide (Laminaribiose)

Glucose → Glucan chain → Primary Wall → Microfibril → Secondary Wall → Macrofibrils or Bundles

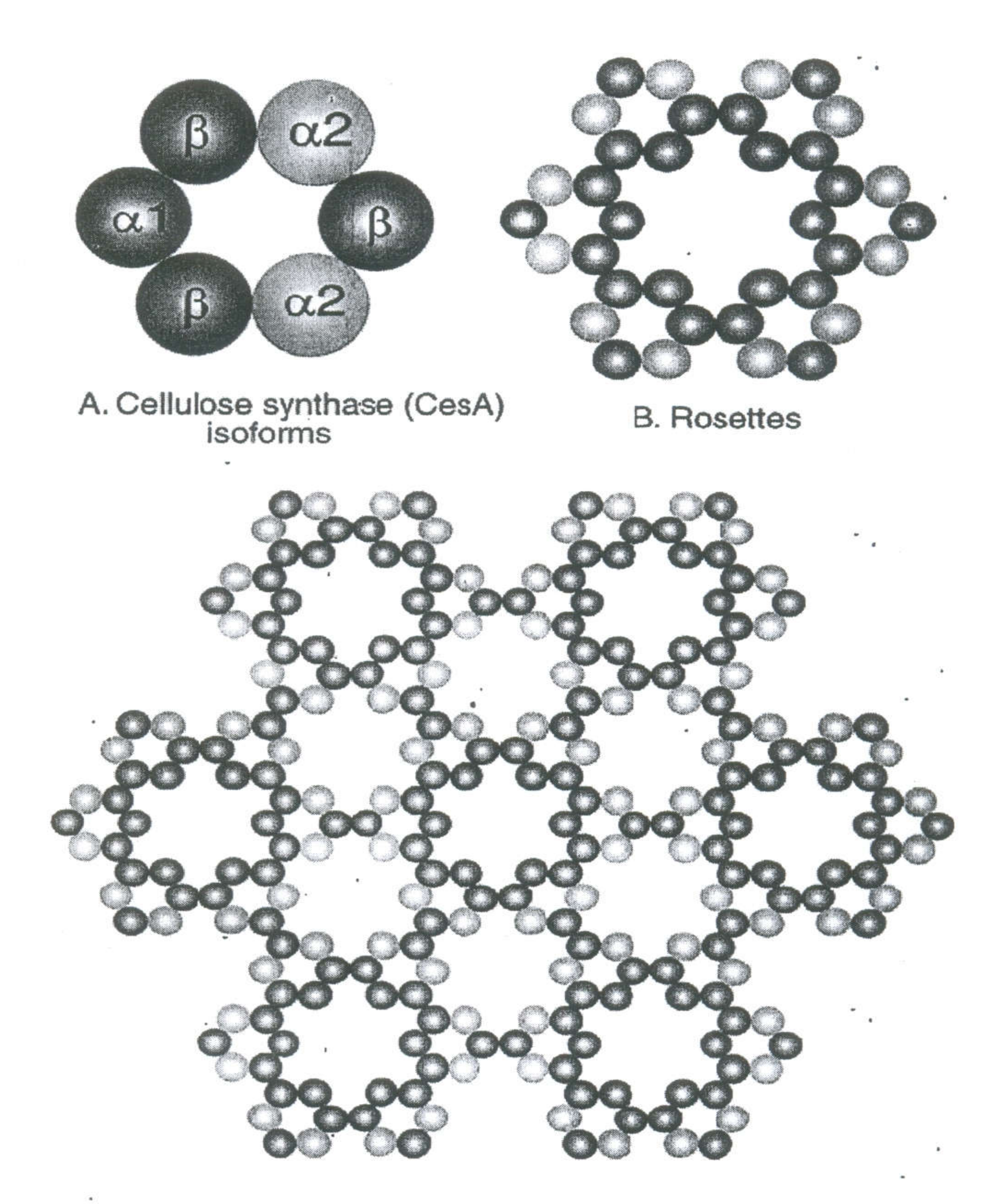
هذه تسمح روابط هيدروجينية intra-chain, inter-chain and inter-sheet فى ليفه السليلوز وتؤدي الى قوي كبيرة فى التركيب. يتكون السليلوز من معقد تحت وحدات متضاعف in a multi-subunit complex فى غشاء البلازما لكل وحدة فى المعقد المسؤل عن البلمرة والافراز، والمص alignment والبلورة المحتملة لكل سلسلة سليلوز لل microfibrils. انزيم سكروز سينثيز Sucrose synthase يعطي/ يمد بالجلوكوز اللازم لتكوين السليلوز فى صورة UDP-glucose، وانزيم cellulose synthase يحفز تكوين رابطة جلوكوسيدية بيتا ١ ، ٤ لبلمرات السليلوز. هذا المعقد مع ٣٦ وحدة لكل بلمرة سليلوز of a microbril يفترض تحركة فى اغشية البلازما ويكون نموذج الحركة محكوم بأنبوبة مجهرية microtubules التى تضبط او ترتبط مع انزيم synthase complex.



شكل رقم (٥) : Delmer and Amor (1995) The Plant Cell 7,987-1000

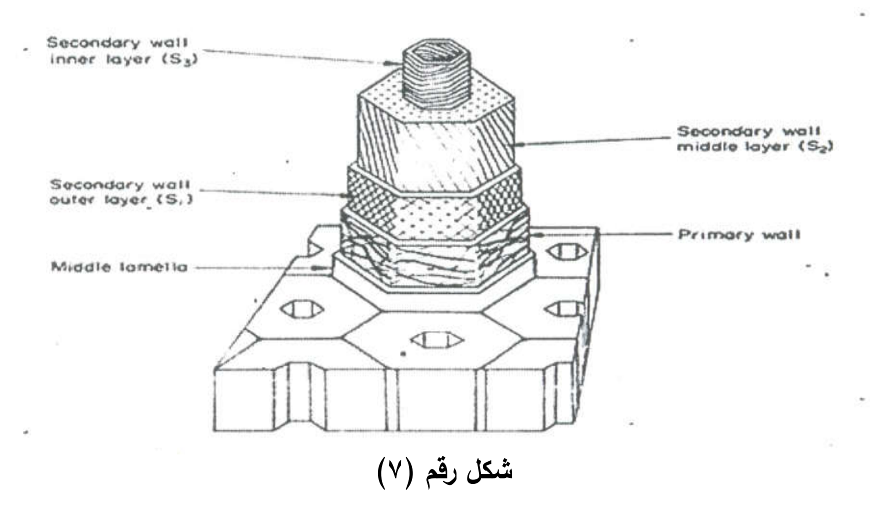
على أساس التصور/الرؤية المباشرة direct visculaization لجدر الخلايا البرانشيمية للب سيقان الذرة maize stem pith parenchyma cell walls باستخدام ميكروسكوب يعمل بالقوة الذرية عالي التصميم high-resolution oatomic force microscopy، تاكد بأن انزيم السليلوز سينثيز يكون قرص عسل مكسو على شكل وردة لتكوين مباشر لليفات صغري وكبرى.

cellulose synthases form honeycomb arrayed rosettes directing formation of both microfibrils and macrofbrils.



شكل رقم (٦)

بنمو الخلايا تنفصل االيفات الصغري عن الكبري macrofibril عن microfibrills وتصبح مغطاه بالهيمي سليلوز مكونة شبكة ليفات صغرى صلبة a stiffness to the microfibril net work فى جدر الخلية. معظم الخلايا النباتية لها جدر خلايا أولية / ابتدائية. الانسجة النباتية مع جدر الخلية الاولية فقط يكون اكثر نعومة وتحافظ على قوتها/متانتها بضغط الانتفاخ turgor pressure. ممكن ان يحدث ذبول Wilting لهذه الانسجة النباتية عندما لاتحتوي مياه كافية لحفظ ضغط turgor pressure. بعض خلايا نباتات متنوعة الطرفية لها امتداد وتوسعات خلايا اضافية تترسب داخل الجدر الأولية. معروفة بالجدر الثانوية والتى يمكن ان تكون كثافتها عدة مرات مثل الجدر الاولية.الجدر الثانوية غالباً ترقد فى طبقات cellulose microfibrils لها اتجاهات مختلفة ومحددة.



شكل رقم (٧)

المواد المصاحبة للسليلوز : Non-cellulosic compounds associated with cellulose

تتكون الالياف السليلوزية فى الجدار الابتدائي والثانوي للخلية النباتية فى نظام اقرب ما يكون الى الشكل الشبكي او الاسفنجي، ويترسب فى الفراغات الطويلة التى توجد فى هذا النظام باقي مكونات جدار الخلية من المواد غير منتظمة الشكل amorphous مثل اللجنين وسكريدات عديدة يطلق عليها لفظ هيمسليلوز hemicelluloses هذه المكونات غير السليلوزية تكون نظاماً بينياً غير منتظم الشكل يتخلل الالياف السليلوزية ويكون له اثر فعال فى تدعيم جدار الخلية.

من ذلك يمكن القول بان جدار الخلية النباتية (الناضج او المكتمل النوم) يتكون من ثلاث مواد رئيسية هى السليلوز والهيمسليلوز واللجنين، وان هذه المكونات الثلاثة ترتبط مع بعضها لدرجة يصعب فى بعض الاحيان فصلها عن بعضها ولقد كان schulze (1891) اول من حاول التمييز بين السليلوز والهيمسليلوز على اساس ذوبان الاخير فى القلويات.

(١) الهيمسليلوز : Hemicelluloses

مجموعة من المركبات تصحب السليلوز في التركيبات الورقية والخشبية لبعض النباتات وبعض البذور. وتشمل هذه المركبات كلا من البنتوزان وأنواعا معينة من الهكسوزان، التي تقل في مقاومتها للأحماض والقلويات عن السليلوز، وهذه المجموعة من السكرات العديدة لا تذوب في الماء الذي يغلي ، ولكنها تذوب في القلويات المخففة. ويمكن أن تتحلل بالأحماض المخففة إلي سكرات بسيطة وغالبا ما تتحلل مكونه أحماض يورونيه، مثل Galacto – Uronic, Gluco-Uronic وقد ثبت أن هذه الأحماض اليورنية لها أهمية فسيولوجية في الجسم حيث تعمل كوسيط ضد السمية في الجسم Detoxicating agent خاصة مع المواد الفينولية Phenols لتكون منها مركبات غير ضارة ، يمكن التخلص منها بسهولة بالطرق العادية للإخراج . وهذه السكرات العديدة (الهيمي سليلوز) تنتشر في الأعلاف الخضراء . وبعض الأغذية الأخري مثل البذور. الهيمي سليلوز عبارة عن مصطلح او اسم شائع ولكن قديم archaic للمواد المستخلصة من جدر الخلايا النباتية مع التركيزات الجزيئية للقلوي والتي ممكن الاشارة الى cross-linking glycans هذه عبارة عن مجموعة متعددة الاشكال لبلمرات الكربوهيدرات التى تختلف بين مجموعات نباتية مختلفة وبين الجدر الأولية والثانوية. ومثل السليلوز ، فإن cross-linking glycans عبارة عن سلاسل من السكرات الاحادية sugar monomers فى الغالب ترتبط برابطة جلوكوسيدية بيتا –١ ، ٤. وعلي خلاف السليلوز، طول السلسلة يكون أقصر (عدة مئات متبقيات) فهي تتركب من وحدات مونمر monomer مختلفة ، عمود اساسي مرتبط بيتا – ١ ، ٤ تحتوي على عديد من سلاسل جانبية قصيرة قد ترتبط مع روابط الفا – ١ ، ٢ . الفا ١ ، ٣ او الفا ١ ، ٦.

ايضاً some primary cell mall cross – linking glycans backbones تحتوى رابطة بيتا ١ ، ٣ بالاضافة الى بيتا ١ ، ٤. السكرات The sugar mononmers فى جدر الخلية النباتية متضمناً الجلوكوز، المانوز، الزيلوز، الارابينوز، جالاكتوز، ٤–أ– مثيل جلوكورونيك اسيد 4-0- methyl glucuronic acid .

الهيمسليلوز هي جميع السكرات العديدية التي تصاحب السليلوز فى النبات وتسمي polyes ويعتبرها البعض الآخر انها السكرات العديدة التى توجد فى جدار الخلية النباتية ولا تذوب فى الماء فيما عدا السليلوز والبكتين، ويستبعد هذا التعريف الشامل النشا والسكرات العديدة التى توجد فى عصارة النبات، اذ انها ليست من مكونات جدر الخلايا، واخيراً يميل البعض الى تعريفها بأنها عبارة عن السكرات العديدة التى توجد فى جدار الخلية والتي لا يمكن استخلاصها بالماء او باكسالات الامونيوم ولكنها تذوب فى القلويات الباردة او الساخنة وعند تحليلها مائياً بغليانها مع الاحماض المخففة تعطي مكونات من السكرات الاحادية، ويوجد فى نواتج هذا التحليل اكثر من نوع واحد من السكر كما يوجد ايضاً بعض الاحماض اليوروئية.

يتكون الهيميسليلوز من مخلوط من الجليكانات glycans التي يوجد منها مجموعتين:

أ– مجموعة السليلوزان :

Cellulosans وهي عبارة عن جليكانات غير محورة unmodified glycans قريبة الشبة بالسليلوز تتكون من مخلوط من سكريدات عديدية من النوع المتجانس اما من البنتوز وتسمي البنتوزان pentosans مثل الاربان araban والزيلان xylanK، ووحدة تركيبها الارابيتوز والزيلوز على التوالي، او من الهكسوز وتسمي هكسوزان hexosans مثل الجلوكان glucans والمانان mannans والجلكتان galactans ووحدة تركيبها الكيميائي الجوكوز والنموز والجلكتوز على الترتيب.

ب- مجموعة اليورنيدات العديدة : Polyuronide Hemicelluloses

وهي عبارة عن السكريدات العديدة السابقة الا أنها تحتوي على وحدة او اكثر من حامض الجليكورونيك glycutonic acid ويطلق عليها مجموعة الجليكانات المحورة modified glycans وتختلف هذه المكونات اختلافاً كبيراً فى شكلها وحجمها الجزيئى، ويرجع الى هذه الاختلاف فى خواصها الحامضية، ان تختلف مجموعة الهيمسليلوز فيما بينها فى خاصية الذوبان، مما يؤدي الى صعوبة تقديرها كمياً التقدير الصحيح، كما يصبح من الصعب ايضاً فصل احد هذه المكونات على صورة الجزئ النقي.

من المحتمل ان تتعدد انواع السكرات العديدة فى النبات او النسيج النباتي وفى الحقيقة لا نتوقع وجود اكثر من ثلاثة او اربعة من السكرات العديدة أهمها الزيلان الذى يكون اكبر نسبة فى مخلوط الهميسليلوز، والمانان والارابان والجلكتان ويتوقف وجود هذه السكرات من عدمة على نوع او جنس النبات.

فهيمسليلوز النباتات مغطاة البذور angiosperms (الخشب الصلب) يتميز بوجود نسبة كبيرة من الزيلان ونسبة صغيرة من الجلوكان مع عدم وجود مانان، اما في النباتات معراة البذور gymnosperms (الخشب الرخو soft wood) فيحتوي الهيمسليلوز على كمية قليلة من الزيلان كما يحتوي بجانب الجلوكان على المانان-ويوجد الارابان والجلكتان فى هيمسليلوز كلا النوعين، وقد دل التحليل الكيميائي الكروماتوجرافي على وجود سكرات الجلوكوز والجلكتوز والمانوز والزيلوز والارابيلوز فى نواتج التحليل المائي للخشب.

ومن المعروف ان هذه السكرات توجد متبلمرة فى جدار الخلية والجدول الآتي يوضح النسبة المئوية لبعض هذه المكونات.

جدول رقم (٥) :

النوع	جلوكان % (١)	مانان	زيلان (٢)	اندريد يورونيك %
تنوب فضي Duglas fir	٤٨.٣	٥.٤	٦.٢	٢.٨
تنوب غربي Western hemlock	٤٤.٥	٤.١	٧.٣	٥.٠
صنوبر Lobloty pine	٤٦.٦	٤.٧	١٠.١	٣.٨
تنوب اسود Black spruce	٤٥.٦	٨.٠	١٠.٥	٤.٠
الأرز الأحمر Wesrern red cedar	٤٧.٥	٥.٠	٨.١	٤.٢
بلوط الجنوب Southern red oak	٤٣.٥	-	٢٠.٠	٤.٥

١) يمثل الجلوكان – الالفا سليلوز مصححاً لكل من المانانو الزيلان واندريد اليورونيك اي يخلو منها.

٢) الزيلان ويمثل النيتوزان مصححاً لاندريد اليورونيك.

أما الجدول الآتي فيمثل النسب المئوية للكربوهيدرات المكونة لأنواع مختلفة من الخشب مقدرة على اساس نسب مئوية للسكر الكلي، **جدول رقم (٦):**

النوع	جلوكان %	مانان %	زيلان	جلكتان %	ارابان %
تنوب Spruce	٦٥.٥	١٦.٠	٩.٠	٦.٠	٣.٥ (خ.ر)
صنوبر Pine	٦٥.٠	١٢.٠	١٣.٠	٦.٠	٣.٥
ارز Cedar	٣١.٠	١٤.٠	١١.٠	١٣.٥	٠.٥
تامول Birch	٥٨.٥	٠.٠٥	٣٩.٠	١.٥	٠.٥ (ح.ص)
بلوط Oak	٦٨.٥	٢.٠	٢٦.٠	٢.٥	١.٠ (خ.ص)
لسان عصفور ash	٦٠.٠	٢.٥	٣٢.٠	٣.٠	٢.٥ (خ.ص)

ويلاحظ من هذا الجدول ان الانواع التي تدخل ضمن الخشب الرخو تحتوي على نسبة عالية من المانان فى مقابل نسبة منخفضة من الزيلان بينما الانواع التي تدخل ضمن الخشب الصلب فهى على العكس تحتوي على نسبة عالية مرتفعة من الزيلان فى مقابل نسبة منخفضة من المانان.

الزيلان :

درس التركيب الكيميائي للزيلان المتحصل عليه من مصادر نباتية مختلفة دراسة مستفيضة بواسطة كثير من العلماء وتوصلهاورث وبرسيفال Howarth and Percival (J. Chgm. Soc., 2850, 1931) الى أن الزيلوز يوجد علي صورة حلقة البيرانوز وان درجة بلمرة الزيلان تختلف تبعاً لمصدرة النباتي، كما يختلف هذه السكر العديدي فى تفرعة من عدمة وقد دلت كثر من المعلومات على احتواء الزيلان على حامض يوروني، فقد وجد Gustafson et al(Acta Chem Scand., 8.825,1954) ان الزيلان المستخلص من خشب التامول birch يحتوي الجزئ منه على ٢٠ وحدة زيلوز

ويتصل به فى موضع ما جزئ واحد من ٤–ميثايل حامض جلوكوريورنيك وتتصل وحدات الزيلوز مع بعضها برابطة جلوكزيدية من النوع بيتا (٤ ، ١) ويتفرع الجزء للاتصال بالحامض اليوروني بواسطة رابطة من نوع (٢ ، الف –١–) كما فى الرمز التالي :

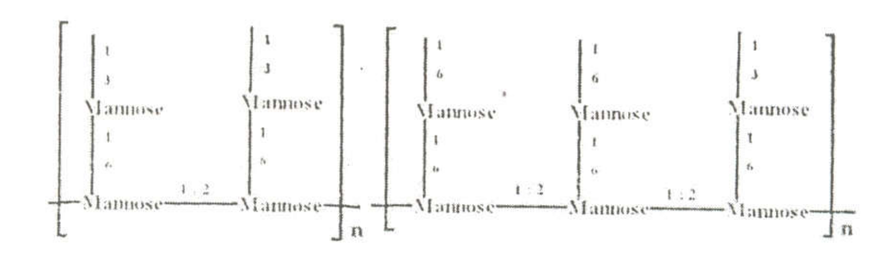
الآربان Araban :

اما الآربان فيوجد فى النباتات حيثما يوجد البكتين، وتركيب الجزئ ودرجة بلمرته يختلف باختلاف مصدرة النباتي، الا ان الثابت هو وجود جزيئات الارابينوز الاندريدي على صورة الحلقة الفيرانوزية ولقد وجد Hist and Jones ان الآربان المستخلص من بكتين التفاح يتكون من جزيئات ارابوفيرانوز مرتبطة مع بعضها برابطة جليكوزيدية من النوع (الفا–١.٥) مع حدوث تفرع في الجزئ برابطة من النوع (١ ، ٣) وقد يتكرر هذا التفرع على طول الجزئ كما في الرمز التالي :

المانان :

يتكون هذه السكر من وحدات مانوز اندريدية تتحد مع بعضها برابطة جليكوزيدية من النوع بيتا (٤ ، ١) وتختلف فى درجة بلمرتها باختلاف مصدرها النباتي فهي ٧٠–٨٠ وحدة فى مصدر مثل الدوم ivory nut ١٠–١٥٠ فى التنوب spruce ٥٠٠ فى مصدر آخر مثل yeast manna باجراء عملية مثيلة ثم التحليل المائي الحامض نتحصل على الوحدات التى يوضحها الرمز التالي :

وقد يحدث تفرع فى الجزئ فى مانان الخميرة على طول السلسلة كل ١٠–١٣ وحدة مانوز اندريدي وتكون الرابطة فى هذا التفرع مختلفة فهى من النوع ٢–١ أو ٣–١ أو ٦–١ ، وقد تكون وحدات السكر فى هذا التفرع مختلطة بحسب المصدر الاصلي فقد تكون جلوكوز أوجلكتوز .





فصل الهيمسليلوز وتفريده :

يتبع فى فصل الهيمسليلوز من المصادر النباتية عادة **احدي طريقتين :**

الطريقة الأولي :

ويجري فيها معاملة المادة النباتية بمخلوط من البنزين والكحول بنسبة (٢ : ١) لمدة بضع ساعات للتخلص من المواد الدهنية والصموغ والراتنجات، ثم تستخلص المادة المتبقية بواسطة محلول من ايدروكسيد الصوديوم او البوتاسيوم بتركيزات مختلفة تتوقف على نوع المادة النباتية، فقد تصل مثلاً فى رأي البعض الى ١٧% ويفضل ان يكون الاستخلاص على درجة حرارة الغرفة خوفاً من حدوث تكسير كيميائيى للمركبات الناتجة وضماناً لعدم حدوث اكسدة للمواد الكربوهيدراتية بواسطة القوي ويحشن اجراء الاستخلص فى غياب الاكسجين للتقليل من تأثير القويات على السليلوز.

المعروف ان الهيمسليلوز يوجد فى المناطق غير البللورية amorphous من الليفة السليلوزية والمذيبالذي يتسطيع ان يصل الى هذه المناطق يؤدي الى استخلاص جيد للهيمسليلوز ويستدل على ذلك بإنتفاخ السليلوز فى هذه المناطق، ولايحدث ذلك الا اذا كان تركيز القلوي المستعمل فى الاستخلاص على درجة الحرارة العالية هو ١٠% او أكثر.

يرسب الهيمسليلوز من محلول القوي عند تحميضة بالاحماض المخففة واضافة كحول الايثايل ويحتوي الهيمسليلوز المحضر بهذه الطريقة على اللجنين (يذوب اللجنين فى الصودا الكاوية على صورة لجنات صوديوم) وللتخلص منه يعامل راسب الهيمسليلوز بواسطة كلوريت الصوديوم sodium chlorite فى وسط حامضي او يعامل بالبرم.

الطريقة الثانية :

تعامل العينة النباتية عدة معاملات اولية الغرض منها ازالة الدهنيات والبكتين واللجنين والمادة المتبقية التي يطلق عليها السليلوز الخام holocellulose تستخلص بالقلوي كما سبق لفصل الهيمسليلوز ومعني ذلك ان السليلوز الخام لفظ يطلق على المادة النباتية بعد تخليصها من اللجنين ويتكون من السليلوز والهيمسليلوز بنوعة السليلوزان واليورونيدات.

١- تستخلص المادة النباتية بواسطة مخلوط من البنزين والكحول (١ : ٢) للتخلص من الدهنيات والصموغ والراتنجات.

٢- تستخلص المادة المتبقية بغليانها مع الماء للتخلص من الكربوهيدرات الذائبة صغيرة الوزن الجزيئى وبعض المكونات غير الكربوهيدراتية.

٣-تعامل المادة المتبقية بمحلول مخفف من اكسالات الامونيوم (٠.٥%) على درجة حرارة ٩٠-١٠٠°م للتخلص من المواد البتكينية غير الذائبة فى الماء، ويلزم اجراء هذه المعاملة اذا كانت الانسجة النباتية صغيرة السن او من نوع مخلفات المزرعة، ويصبخ الاستغناء عنها فى الانسجة الخشبية التى تحتوي على آثار من البكتين.

٤-تستخلص المادة المتبقية بعد ذلك بغليانها مع كحول الايثايل (٥٠%) المحتوي على ١% ص أ يد للتخلص من اللجنين، والاستخلاص على هذه الدرجة يؤدي الى استخلاص على هذه الدرجة يؤدي الى استخلاص جزء من اليورنيدات العديدة، كما وان استخلاص على درجة حرارة منخفضة لا يؤدي الى التخلص من اللجنين بالكامل ويفضل البعض التخلص من اللجنين بمعاملة المادة النباتية بالكلور، الا ان هذه الطريقة ايضاً تؤدي الى حدوث تكسير كيميائي فى السكريدات العديدة، وعموماً تتعدد الطرق المتبعة للتخلص من اللجنين ولكل منها مزاياها ومضارها.

٥-المادة المتبقية من المعاملات السابقة تسمي سليلوز خام (هولوسليلوز holocellulose) وبالنسبة لتعدد تلك المعاملات وما تتطلبة من وقت طويل يفضل البعض الحصول على السليلوز الخام بمعاملات كيميائية مباشرة حيث تعامل المادة النباتية بواسطة ثاني اكسيد الكلور فى البريدين والماء للتخلص الكامل من الجنين والحصول على السليلوز الخام كمياً فى صورة متبقي عديم اللون.

الا أن Wise (1946) استعمل طريقة تتلخص فى معاملة مجروش المادة النباتية (٥ جم) الخالية من الصموغ بواسطة محلول مخفف من كلوريت الصوديوم (١.٥ جم/١٦٠ سم ماء) فى وجود حامض الخليك (١٠ نقط حامض ثلجي) مع الاضافة المتتابعة بنفس الكميات من الكلوريت والحامض كل ساعة وذلك لمدة ٤ ساعات، وفي النهايو يتبقي السليلوز الخام على صورة متبقي ابيض يرشح ويغسل ويجفف.

٦-يعامل السليلوز الخام Homocellulose بمحلول من ايدروكسيد الصوديوم او البوتاسيوم (٤%) على درجة حرارة الغرفة لاستخلاص الهيمسليلوز، ثم ترسب المادة الاخيرة من محلولها بالتميض بواسطة الاحماض المعدنية والكحول للحصول على راسب الهيمسليلوز الذي يفصل بالترشيح ويغسل ويجفف.

والتقدير الكمي للمواد الهيمسليلوزية الموجودة فى النبات يكون مصحوباً دائماً بمعرفة وزن المادة النباتية وكذلك وزن راسب الهيمسليلوز المستخلص بالطرق السابقة، وللتأكد من صحة هذه التقدير يحس الاسترشاد بنتائج التقديرات الكمية التي تجري على مكونات هذه المادة مثل تقدير البنتوز فى العينة النباتية وفى السليلوز الخام وتقدير الاحماض اليورونية، اذ بهذه التقديرات الثلاثة يمكن معرفة الصورة التى توجد عليها الهيمسليلوز فى النبات.

٧-المحلول القولي المحتوي علي الهيمسليلوز الذائب يمكن استعماله فى تفريد الهيمسليوز الى نوعين من المكونات، فتحميض المحلول يؤدي الى ترسب الجليكانات ذات الوزن الجزيئي المرتفع والتي يطلق عليها البعض هيمسليلوز (أ) hemicelluloses A، ويتبقي فى المحلول الجليكانات ذات الوزن الجزيئى الصغير مع المكونات الاخري كاليورونيدات uronides ويمكن ترسيبها بواسطة ضعف حجم محلولها من الكحول ويسمي الراسب المتكون هيمسليلوز (ب) hemicelluloses B.

خواص الهيمسليلوز وتركيبة :

تتباين الهيمسليلوز فى خواصها وتفاعلاتها تبعاً لمصدرها النباتي وطريقة استخلاصها فهى تحتوي على سكريدات عديدة تختلف فى حجمها ووزنها الجزيئي وفي درجة بلمرتها وفى مكوناتها من السكرات الاحادية، الا أنها تتميز بالخواص والتفاعلات الآتية:

١- تذوب فى القلويات وتحلل مائياً بالاحماض بسهولة اكثر من سليلوز-ويقاوم الهيمسليلوز التحليل المائي عن الهيمسليلوز (ب).
٢- ينتج عن التحليل المائي للهيمسليلوز سكرات من نوع الهكسوز مثل م-جلوكوز ، م-جلكتوز، م-جلكتوز، م-مانوز، م-فركتوز وسكرات من نوع البنتوز مثل م-زيلوز، ى-ارابينوز، وأحماض جليكورونية مثل حامض جلوكورونيك ومانورونيك.
٣- تحتوي جميع انواع الهيمسليلوز على بنتوزانفهى تعطيي فورفورال غند تقطيرها مع حامض الكلورودريك ١٢%.
٤- عطي اختبارات البنتوز اللونية عند تسخينها مع الفلورجلوسينول او الريزورسنول فى وجود حامض الكلوردريك المركز مكونة مع الاول لوناً أحمر ومع ثاني لون قرمزى.
٥- تحتوي على نوع واحد من الاحماض اليورونية فقط ويتصاعد عند غليانها مع يد كل ١٢% ثانى اكسيد الكربون الذي يمكن تقديره كمياً.
٦- بالنسبة لوجود الاحماض الورونية (مجموعات حامضية) تتلون الهيمسليلوز بشدة مع الصبغات مثل الايوسين وأحمر الكونجو وأحمر الروثينيم ruthenium red – وتعطي المركبات المحتوية على أحماض يورونية تفاعلات ايجابية مع نفثوريزورسينول كما ينتج عن تحليلها المائي لسكرات بسيطة وأحماض من نوع الدوبيويورونيك aldobiouronic acid.
٧- ليس لها غالباً تأثير حامض رغم وجود مجموعات الاحماض اليورونية وذلك لوجود بعضها على صورة استر مع الميثانول.
٨- جميع تحضيرات الهيمسليلوز نشطة ضوئياً فهي يسارية الدورة عند قياسها فى محلول ١-٢% صودا كاوية. تختلف الهيمسليلوز فى تركيبها اختلافاً كبيراً، فهى تتكون من سكريدات عديدة مختلفة فى وزنها الجزيئي وفي شكلها الجزيئي فمنها المتفرع ومنها غير المتفرع، وتختلف وحداتها فى طريق ارتباطها مع بعضها فنجد بها روابط من نوع (١،٢-)، (١،٣-)، (١،٤-)، (١،٦-)، علاوة على اختلاف المكونات من السكرات الاحادية وكل ذلك يرجع الى اختلاف مصادرها النباتية.

استعملات الهيمسليلوز :

١- لوجود الهيمسليلوز فى اللب المخصص لصناعة الورق اهمية كبيرة فى صفاتة حيث تكسبة القوة وخاصية التشرب.
٢- من الملاحظ ان التخلص كلية من الهيمسليلوز عند استخلاص الالياف اللحائية يضعف من قوة هذه الالياف كما يحدث عن استخلاص الياف الجود بواسطة الصودا الكاوية.

٣- تستعمل الهيمسليلوز لانتاج الفورفورال (تقطير مجروش كوالح الذرة مع محلول حامض الكلودريك ١٢% فى تيار من بخار الماء يعطي كميات ضخمة من الفورفورال الذى ينتج عن عمليتي decarboxylation and dehydration للبنتوزان والاحماض اليورونية).
٤- تستعمل الهيمسليلوز فى تحضير سكر الزيلوز وذلك بعملية التحليل المائي.
٥- تحضر منها مشتقات الخلات وقد تستعمل بمفردها او بعد خلطها مع خلاب السليلوز فى صناعة الافلام.

(٢) البنتوزان : Pentosans

تتحلل البنتوزان بالأحماض إلي سكرات خماسية ، مثل الأرابينوز والزيلوز ، ويعتبر هذا النوع من السكرات العديدة أقل من السليلوز في مقاومته للأحماض والقلويات ، ويكون نحو ١٣% من السكرات العديدة في الدريس وأقل من ذلك في مواد العلف المركزة وبعد أنواع الكسب، وعند غليانها مع حامض HCL بتركيز ١٢% ينتج المركب الكيماوي فورفورال Furfural وهو مركب الدهيدي ، له أهمية صناعية . ويستخدم هذا التفاعل الكيماوي كأساس للتقدير الكمي للبنتوزان، كما يستخدم صناعيا في تحضير الألدهيد من قوالح الأذرة وقشور الشوفان Oats.

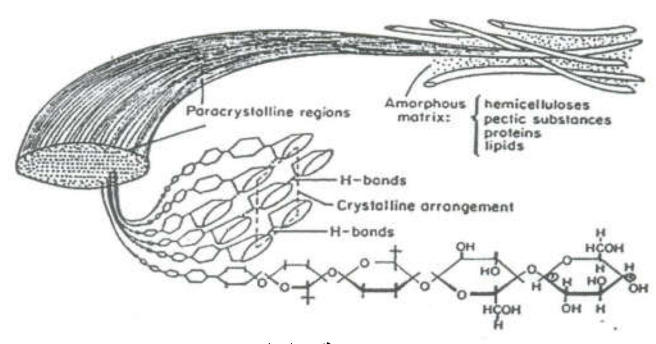
(٣) البكتين Pectines

البكتينات هى معقد اخر لمجموعة بولي سكريدز another complex group of polysaccharides متوفرة فى جدر الخلية الأولية وفى منتصف in the middle lamella بين جميع خلايا النبات. مثل الهيمى سليلوز ، بولمرات البكتين هى جزيئات متعددة ومختلفة كيمائياً. البكتينات حامضية وتحتوى جزء كبير من D-galacturonic acid residues مرتبطه بواسطة رابطة جلوكوسيدية الفا -١ ،٤.

بعض الاحماض الكربوكسيلية الجلاكتويورونات تكون استرات مع الميثانولL-rhamnose (a 6-deoxyhexose) residues توضع أو ترصع عادة interspersed خلال السلسلة. رابطة D-glacturonic acid الى L-rhamnose تكون الفا -١ ،٢ ، والرابطة من D-galacturonic acid الى حمض الجلاكتورونيك التالي فى السلسلة تكون الفا-١،٤. تلتصق/ترتبط السلال الجانبية غالباً الى هذه متبقيات الرهامنوز rhamnose residues. تظهر السلاسل الجانبية انها من بلمرة سكرات متعادلة تحتوي monomers مثل L-arabinose or D-galactose وهذه النماذج/الانواع من البكتينات معروفة بـ rhamnoglact uronans. تعرف البكتينات المتعادلة التى تظهر انها فروع كبيرة من البكتينات الحامضية.

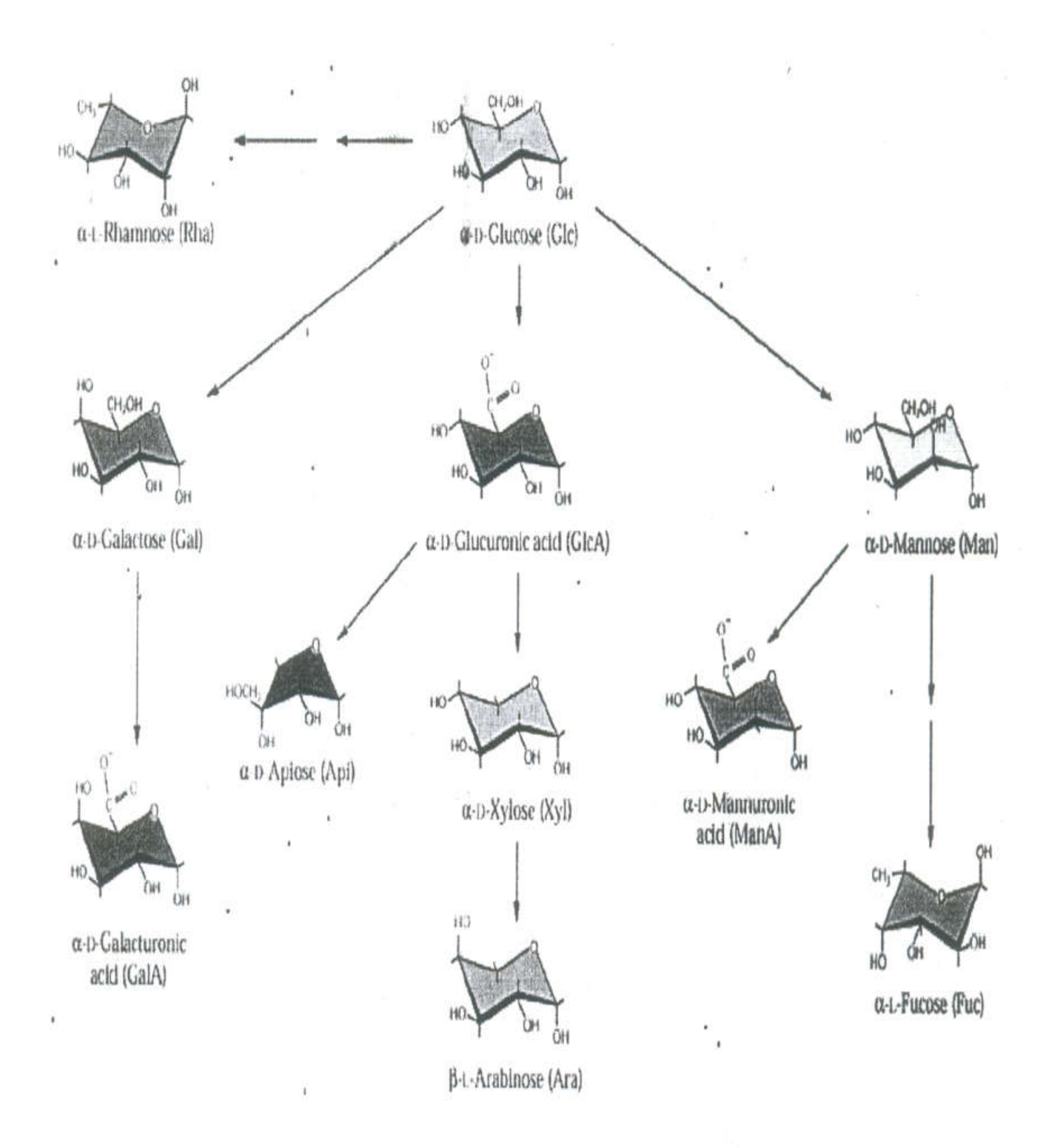
الارابينات عالية/كبيرة التفرع تتركب من قلب/جوهر core متبقيات α -1.5 arabinosyl (a pentose in the furanose ring form) residues containing α - 1.3 – and α - 1.2 – linked arabinosyl side chains تحتوى رابطة الفا-١ ، ٣ ، الفا -١ ، ٢ ارابينوسيل (سلاسل جانبية).

تحتوي الارابينوجا لاكتانات رابطة بيتا -١ ، ٤ مع سلاسل جالاكتوز تحمل متبقيات ارابينوز عند مواضع ٣ ، ٦ التى تكون أكثر احلالاً واستبدالاً. الجلاكتانات تكون غالباً خطية رابطة بيتا -١ ، ٤ مع بلمرات D-galactose polymers مع تفريعات منفردة من الاربينوز بين حين وآخر. With occasional single L-arabinose branches على الاقل، بعض الزيلوجلوكانات لجدر الخلايا الاولية تكون مرتبطة مع السليلوز ، بالمثل فهى ممكن تقيد مرن لليفات السليلوز معاً. tether cellulose microfibrils

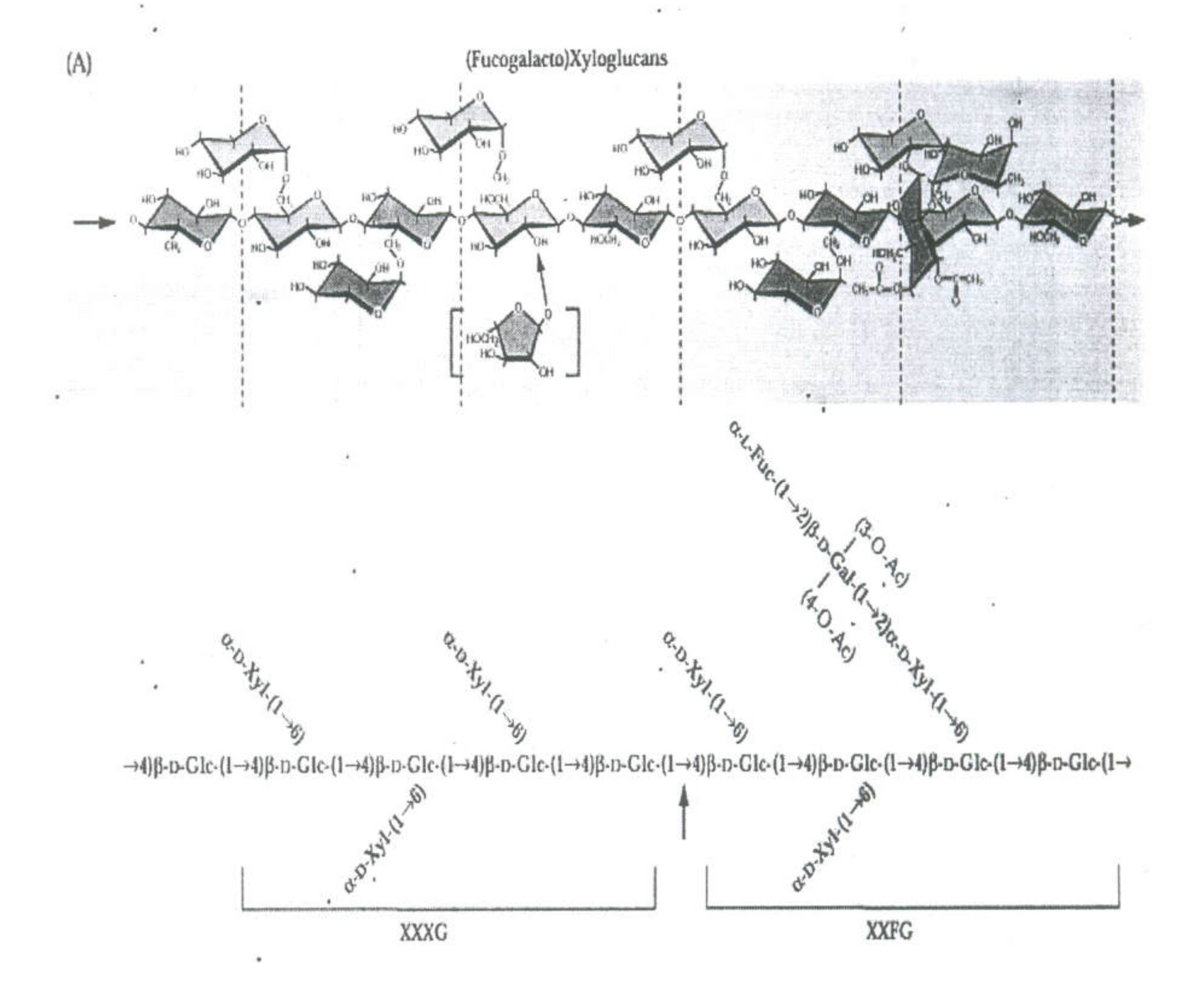


شكل رقم (٨)

صدر أول نموذج فعل the first functional model لجدر الخلايا الاولية للخلايا النباتية (albersheim at al) وهذا النموذج عبارة عن اطار عمل frame work of cellulose microfibrils مرتبطة معxyloglucan-pectein-protein matrix فى هذا الموديل يرتبط الزيلوجلوكان هيدروجينياً مع السليلوز in the model the xyloglucan hydrogen-bonded to cellulose وايضاً يرتبط هيدروجينياً مع ارابينان وجالاكتان سلاسل جانبية من بلمرات البكتين، ارابينوجالاكتان سلاسل جانبية من البكتين ترتبط مع سيرين جدار الجليكوبروتين غني بالهيدروكسى برولين.



موديل آخر مبني على اساس افتراض ان هناك شبكه بلمرات مستقلة independent polymer networks خلال جدر الخلايا الاولية، شبكة سليلوز – زيلوجلوكان ، شبكة بكتين وشبكة بروتين. معظم البلمرات البكتينية غريبة المنشأ/متغايرة الخواص heterogeneous ولكن rhamnogalacturonan II (RG II) أكثر حفظاً وبقاءاً highly conserved بين أنواع/أصناف النباتات ، وهي لا تهضم بسرعة حتى فى المنتجات المتخمرة، ويمكن تراكم كميات كبيرة فى هذه المنتجات مثل الخمور، ويكون RG II monomers مزدوج dimers خلال بورون ثنائي الاسترات boron diesters مع apiose residuesوالتي تكون ضروري لنمو النبات الطبيعي.



(٤) اللجنين : Lignin

سبق القول بأن السليلوز يوجد على حالة شبة نقية فى شعر البذور مثل شعر القطن ولكنه فى الخشب والالياف والمواد الملجننة عموماً lignified يكون مصحوباً بمواد غير سليلوزية مثل الهيمسليلوز ومواد غير كبوهيدراتية معظمها لجنين مع كميات صغيرة من التنينات والراتنجات والدهون وغيرها.

واللجنين بعكس السليلوز لا يوجد منفرداً فى الطبيعة، بل لابد ان يكون مصحوباً بالكربوهيدرات، ففي الخشب يوجد معظمه فى الصفحية الوسطي middle lamella وبكميات قليلة فى الجدران الابتدائي والثانوي، اما القش والنباتات الحولية فيبدوا ان اللجنين موجود على سطح الليفة بحالة قليلة التكثف لكي يسهل فصلة عما فى حالة الخشب.

لايتحلل اللجنين تحليلاً مائياً بالاحماض المعدنية بعكس السكريدات العديدة التى تصاحبه مثل السليلوز والهيمسليلوز وغيرها، لذلك تستعمل هذه الخاصية فى فصله من السكريدات العديدة.

وعلى الاساس يمكن تعريف اللجنين انه الجزء من الخشب او القش الذي يتبقي كناتج غير ذائب عند معاملتها بالاحماض المعدنية بعد تخليصها من الصموغ والراتنجات والتنينات والمواد الأخري التي يمكن استخلاصها بالمذيبات.

وتختلف اللجنين عن السليلوز ايضاً فى احتوائة على مجوعات ميثوكسيل مرتبطة مع حلقات عطرية فى الجزئ، والرأي القائل بأن اللجنين هو المصدر الوحيد لمجموعات الميثوكسيل فى الخشب غير صحيح، اذا اثبت ان بعض هذه المجموعات يوجد متحداً مع الاحماض اليورونية.

ويختلف لجنين النباتات المخروطية coniferous فى تركيبة عن لجنين النباتات متساقطة الاوراق deciduous كما ان العلاقة بين تركيب لجنين الخشب ولجنين النباتات الحولية مازالت غير واضحة، علاوة على ان الاصل فى منشأ اللجنين غير معروف، ولو ان هناك آراء تحبذ تكونة من الكربوهيدات ومنها رأى ليننجر (١٩٧٨).

خطوات تكوين اللجنين فى النبات :

١- ينتج عن عملية البناء الضوئي او سكر من نوع الهسكوز وهو الفراكتوز ١-٦-ثنائي فوسفات الذي يتكون عنه بالتفاعلات الانزيمية كل المواد الكربوهيدراتية فى النبات.

٢- فى خطوات اخري يتحول هذا السكر فركتوز-٦-فوسفات لكي يتحد مع جزئ من الجلسرالدهيد-٣-فوسفات مكوناً سكرين احدهما من نوع البنتوز وهو زيلوز-٥-فوسفات وآخر من نوع النتروز وهو اريثروز-٤-فوسفات.

٣- يتحد سكر التتروز مع الفوسفواينول حامض بيروفيك ليكون مركب وسطي (سباعي ذرات الكربون) ليتحول بعدها الى مركب حلقي اليفاتي هو حامض ٥-ديهيدروكوينيك الذى يفقد جزئ ماء ويتحول الى ٣-حامض ديهيدروشكيميك ثم الي حامض شكيميك الذى تتكون منه المركبات الاروماتية (العطرية) فى النبات ومنها اللجنين.

COOH, H_2O, OH, HO, O

5-Dehydroquinic acid → 3-Dehydroshikimic acid → D-Shikimic acid → Aromatic compounds including lignin

الصورة التى يوجد عليها اللجنين فى الطبيعية :

لايوجد اللجنين على صورة منفردة فى الطبيعة كما يوجد السليلوز فى شعرة القطن مثلاً ولكنه يوجد فى جدار الخلية بمصاحبة السليلوز والهيمسليلوز والصورة التى يوجد عليها اللجنين فى هذه الحالة تعددت فيها الآراء فالبعض يقول بوجود على حالة منفردة مستقلة فى جدار الخلية، والبعض يقول بوجود اتحاد كيميائي وبين المواد الكربوهيدراتية ولكل من الرابين ما يؤيدة.

من ذلك يتضح ان نسبة مئوية صغيرة من اللجنين توجد منفردة فى الخشب ويمكن استخلاصها بالمذيبات مثل dioxane او الكحول ويسمي هذا النوع لجنين طبيعي native lignin لعدم حدوث تغيير فى تركيبة الكيميائي فهو من نوع اللجنين الأولي protolignin اى كما تكون فى النبات.

ويمكن ايضاً الحصول على نسبة صغيرة اخري من اللجنين الطبيعي عند تعريض الخشب بعد استخلاصة بالكحول لنمو فطر من نوع العفن البني brown rot (وهو الفطر يتغذى على السليلوز تاركاً اللجنين) والمعتقد ان اللجنين الناتج عن هذه المعاملة كان موجوداً على صورة منفردة ايضاً، خصوصاً بعد ان ثبت ان انزيمات هذا الفطر لا يمكنها ان تؤثر على اى نوع من الروابط يمكن ان توجد بين اللجنين والكربوهيدرات، ومع ذلك يجب الا يغيب عن البال انه لا يمكن فصل الكميات الكبيرة الا بمعاملات عنيفة تؤذي بلا شك الى حدوث تغيير أو تحوير فى طبيعته modified its bature.

وفضل هذه النسبة الصغيرة غير المحددة من اللجنين الطبيعي سواء بالمذيبات او بالفطر لا يعني ضرورة وجود اتحاد كيميائى بين النسبة الباقية من اللجنين وبين المكونات الخشبية الاخري، ومن الجائز وجود اللجنين على حالة جزيئات كبيرة الوزن الجزيئى جداً مما يجعلها صعبة الذوبان فى المذيبات غير المتخصصة، وانه موجود على صورة ممتصة absorbed على المكونات الخشبية المختلفة، فقد وجد ان استخلاص خشب الحور aspen بكحول البيوتايل المخفف على ١٦٠°م يؤدي الى ذوبان اللجنين كمياً مما يجعل على الاعتقاد بأن اللجنين يوجد على صورة منفردة من خشب الحور، ولكن فى حالة خشب الصنوبر pine وجد أن نفس المعاملة ادت الى ذوبان ٨٠% فقط من اللجنين المنفردة وبقاء ٢٠% من اللجنين لم تستخلص مما ادي الى الاعتقاد بأنها موجودة على صورة اتحاد كيميائي، خاصة وان استخلاصها يتطلب المعاملة بالصودا الكاوية، ومما يؤيد هذا الاتجاه ان كبريتيت الصوديوم Sodium sulphite لايمكنها ازالة الهيمسليلوز

مالم يتم التخلص من اللجنين باذابته اولاً فى الكلور chlorination مما جعل نورمان Norman يعتقد بوجود رابطة كيميائية بين هذه المكونات وبعضها.
والاعتقاد بوجود رابطة كيميائية بين اللجنين والسليلوز أدت الى التساؤل عن طبيعة مثل هذه الرابطة وكيفية تكوينها؟ ولكن لم يتم للأن فصل مركب توجد به رابطة من أى نوع، ويمكن منه الحصول على الكربوهيدرات واللجنين كل على حدة، الا أنه بمعرفة المجموعات الـ٥فعالة فى كل من المادتين، ويمكن القول بمساهمتها فى تكوين مثل هذه الروابط، ففي جزئ اللجنين توجد مجموعات ايدروكسيل فينولية واليفاتية ومجموعات كربونيل اينولية، وفي الكربوهيدرات توجد مجموعات ايدروكسيل اولية وثانوية بجانب مجموعات الدهيدية ومجموعات كربوكسيلية فى الاحماض اليورونية، وحيث ان الرابطة الاثيرية Ether Linkage من الروابط القوية التى يصعب كسرها بعمليات استخلاص اللجنين لذلك يعتقد بأن الرابطة الموجودة قد تكون من نوع روابط الاستبدال او الهيمي استيل بين مجموعات كربونيل اللجنين ومجموعات ايدروكسيل السكرات العديدة، ويستبعد اشتراك المجموعات الفينولية فى تكوين الروابط بين اللجنين والكربوهيدرات لضعف وجودها منفردة فى الخشب، كما ان رابطة الاستر بين الاحماض اليورونية واللجنين اضعف من قدرتها على البقاء.

تفاعلات اللجنين اللونية :

١- تفاعل Weisner وفية يعامل الجنين او المادة النباتية الملجننة بمحلول فلوروجلوسينول فى حامض الكلورجريك المركز فيتكون لون قرمزي.
٢- تفاعل Maule وفيه تعامل المادة النباتية الملجننة بمحلول مخفف من برمنجنات البوتاسيوم ثم حامض الكلوردريك المخفف واخيراً ايدروكسيد أمونيوم فيتكون لون قرمزي مع الخشب من نوع deciduous بينما فى حالة الاخضاب المخروطية coniferous يتكون لون بني.

تقدير اللجنين كمياً :

يدقر اللجنين كمياً بطرق مختلفة اهمها طريقة كلاسون Klason وفيها يستعمل حامض كبريتيك ٧٢% وهذا التركيز من الحامض مناسب للخشب الرخو اما عند تقدير اللجنين فى الخشب الصلب فيحسن اختيار تركيزات تناسب كل نوع من الخشب لكي تعطي اعلى قيمة من اللجنين المحتوي على أعلى نسبة من المثوكسيل.
ولاجراء التقدير يجب استعمال مسحوق ناعم من المادة الخشبية واستخلاصة اولاً بمخلوط من البنزين والكحول وعند توقع وجود التنين فى العينة يجب استخلاصها بالغليان مع الماء او مع محلول مخفف جداً من الصودا الكاوية، ثم تهضم العينة بعد ذلك هضماً جيداً مع حامض كبريتيك مركز ٧٢% ويوزن اللجنين النقى غير ذائب.

خواص اللجنين الطبيعية :

اللجنين الطبيعي مسحوق ذو لون سمني فاتح، يذوب بلون بنى محمر فى dioxane ويظل اللجنين المستخلص باذابة الكربوهيدات كما فى التقدير السابق محتفظاً بالتركيب الموروفولوجي للخلية النباتية ولونة نبى فاتح او غامق وعديم الذوبان فى جميع المذيبات، واللجنين عند النشاط الضوئي له تركيب عطري ويدل منحني امتصاص الاشعة تحت الحمراء infrared absorption curve على وجود حلقات عطرية، ومجموعات اليفاتية مشبعة، مجموعات ايدروكسيل، ومجموعة كربونيل، وروابط زوجية اليفاتية، ويختلف الوزن الجزيئي بحسب طريقة الاستخلاص، ويبلغ الوزن الجزيئي للجنين الطبيعي (من خشب الحور) ٨٦٠.

طرق فصل اللجنين :

فى المعمل :

تنقسم طرق فصل اللجنين فى المعمل لغرض البحث العلمي الى طريقتين، وتعتمد الاولي على استعمال الاحماض لتحليل الكربوهيدرات تحليلاً مائياً دون تأثير على اللجنين او بإستعمال مواد مؤكسدة للكربوهيدرات فتحدث لها تكسير كيميائي دون التأثير على الجنين وتعتمد الطرقة الثانية على استعمال مذيبات عضوية وغالباً فى وجود عامل ملامسة فتذيب اللجنين تاركاً المواد الكربوهيدراتية.
يستعمل فى الطريقة الاولي حامض كبريتيك ٦٤-٧٢% او حامض كلوردريك ٤٢% او حامض ايدرفلوريك او مخلوط من هذه الاحماض او تذاب الكربوهيدرات فى محلول هيدروكسيد النحاس النشادري او تؤكسد المواد الكربوهيدراتية بواسطة حامض فوق الايوديك او املاحة ثم يجرى التحليل المائي للسكر عديد الالدهيد بالماء الساخن.
وفي جميع هذه الحالات يتبقي اللجنين على صورة غير ذائبة فى المحلول، يتم فى الطريقة الثنائية استخلاص اللجنين بالمذيبات العضوية فى وجود عامل مساعد وفى جميع هذه الحالات يتكثف المذيبات مع اللجنين مكوناً مشتق لجنين Lignin derivatives يطلق علية اسم المذيب فيستعمل كحول الايثايل فى وجود ٥٠% HCL يد كل للحصول على مشتق اثانول اللجنين الذي يحتوي على مجموعة ايثوكسيل ethoxyle group نتجت من تفاعلات التكثيف الذى تم بين الكحول واللجنين وقد امكن استعمال عدة مذيبات مختلفة منها المثانول والبيوتانول وايزوبيوتانول وكحول الامايل، الهكسانول الحلقي، والكلور هيدرين، وكحول البنزازيل، الايثانول امين، الفينول وغيرها، ويمكن التخلص من المجموعات

التى نتجت بالتكثيف اذا عومل المشتق اللجنينيى بحامض معدني حيث ينفرد اللجنين مع تغير بسيط فى طبيعتع، وتؤدي هذه المذيبات جميعاً الى ذوبان اللجنين وبقاء المادة الكربوهيدراتية غير ذائبة مع ما قد يحدث لها من تكسير كيميائي.

فى الصناعة :

يستعمل فى صناعة تحضير اللب ثلاث طرق رئيسية هى السلفيت، والسلفات، والصودا (الطريقة القلوية) وفى هذه الطرق الثلاث يتفاعل اللجنين مع المواد المستعملة ويتحول الى مشتق لجنين ذائب فى المحلول المائي او القلوي.

ففى طريقة السلفيت sulphite process يستعمل محلول من بيكبريتيت الصوديوم او الكالسيوم او المغنسيوم او الالمونيوم فى وجود كمية زائدة من ثانى اكسيد الكبريت لهضم المادة الخشبية وخلال عملية الهضم يتحول اللجنين الى محلول ملح ذائب من املاح حامض اللجينوسيلفونيك Lignosulphonic acid يذوب فى المحلول الهضمي ومنه يفصل اللجنين بترسيبة على صورة ملح لجنوسلفونات lignosulphonale بعملية تمليح بواسطة كلوريد الصوديوم او بالترسيب على صورة لجنوسلفونات كالسيوم بواسطة ماء الجير او بالترسيب بواسطة قواعد عضوية مثل الكينولين والنفثالين امين وخلافة.

وفى طريقة السلفات او الكرافت sulphate process (kraft) يستعمل محلول ٥% من مخلوط كبريتيد الصوديوم والصودا الكاوية لهضم المادة الخشبية وخلال عملية الهضم يتحول اللجنين الى مخلوط ذائب من اللجنين القلوي alkali lignin والميثولجنين، ويفصل اللجنين من مخلوط الهضم الاسود black liquor بالتحميض بحامض معدني.

اما فى طريقة الصودا الكاوية فيستعمل محلول قلوي لهضم المادة الخشبية ويتحول اللجنين الى ملح لجنات صوديوم sodium lignite ذائب فى المحلول ويفصل منه بالتخميض كما سبق فى طريقة الكرفت.

التركيب الكيميائي :

ان التركيب الكيميائي للجنين لم يثبت بعج بحيث يمكن من وضع رمز كيميائي ثابت له ، ووجود عدة رموز كيميائية مقترحة بواسطة فون فاسيك von wacek وفرويد نبريج freudennberg وكلاسون klason وغيرهم يؤكد هذه الحقيقة، والتركيب الاولي الذي تدل علية نتائج التحليل الكمي لعناصر الكربون والايدروجين يختلف تبعاً لمصدر اللجنين وطريقة فصلة، ووجود نسبة عالية من الكربون الى نسبة منخفضة من الايدروجين فى تكوين اللجنين تدل اما على انه مركيب غير مشبع بدرجة كبيرة او ان له تركيب عطري وبالرغم من أن وجود الروابط الاليفاتية غير مشبعة قد تم تاكيده فان وجود المجموعات العطرية اصبح لا يحتاج الى دليل. وبتطبيق العمليات الكيميائية المختلفة مثل صهر اللجنين مع القلويات او التحليل المائي القلوي او بعمليات الاكسدة او التقطير الجاف امكن الحصول على مركبات حلقية عطرية مثل بيروكاتيكول ، وحامض جاليك والرافانيلين الجواباكول وغيرها كثير.

Syringic acid — Veratric acid — Gallic acid — Pyrocatechol

Vanillin — Guniacol

وأمكن بعمليات تقدير الميثوكسيل من التعرف على هذه المجموعات فى اللجنين وعددها وبطرق كيميائية مماثلة يمكن التعرف على كثير من المجموعات الفعالة فى الجزئي ووحداته البنائية.

ولقد اصبح من الواضح الآن ان اللجنين يتكون من وحدات بنائية من برويان الفنايل المحتوي على مجموعات ايدروكسيل فينولية حرة او متحدة فى الوضع باراً، ومجموعة ميثوكسيل فى الوضع ميتا – بالنسبة للسلسلة الجانبية، ويقترح فرويد نبرج وغيره Freudenberg أن جزئ اللجنين عبارة عن سلسلة طويلة ناتجة عن تكثيف او بلمرة Condensation or Polymerization الوحدات البنائية السابقة كما فى الرموز الآتية:

Von Waeck structure

Freudenberg structure

Coniferyl aldehyde

وتجمعه النظريات والفروض المقترحة لجزء اللجنين على انه ينبنى على اساس وحدات من برويان الفينايل التي تحتوي علي مجموعة ميثوكسيل واحدة من الجواياسيل guaicyl كما فى لجنين معراة البذور coniferous ومجموعتين ميثوكسيل فى السرنجيل Syringyl كما فى لجنين مغطاة البذور deciduous وهذه الوحادت تصنع مع بعضها السلسلة الطويلة للجزئ عن طريق عمليات التكثيف condensation أو بلمرة polymerization ونظراً لوجود العديد من المجموعات الفعالة على هذه الوحدات سواء كانت وحدات اليفاتية غير مشبعة او مجموعات ايدروكسيل محولية اولية وثانوية او مجموعات كربونيل الدهيدي فان ذلك يسمح بتكوين التركيب المتفرع والمعقد لجزئ اللجنين نتيجة ارتباط هذه المجموعات عن طريق الروابط الثانوية مثل روابط الايدروجين والاسيتال والهيمي اسيتال وفان درفالس .. الخ يؤكد ذلك ان التكسير الكيميائي لهذه السلاسل المتفرعة والمعقدة يعطى وحدات مجمعة من نوع المونوميرات mononers ثنائية dimmers .. الخ واليجو oligomers (alder 1997) ,(Nimz 1994) كما يتضح ذلك من رمزي الدروينمز (Nimz 1974) Dimers .. الخ واليجو oligomer (alder 1977)، (Nimz 1994) كما يتضح ذلك من رمزى الدروينمز (Nimz 1974).

(Pentameric)

Alder structure
(1977)

(Hexameric)

Nimz structure
(1994)

استعمالات اللجنين :

١- ادخل اللجنين حديثات فى صناعة البلاستيك حيث الحصول على راتنجات صناعية بتكثيف اللجنين مع الفورفورال أو الانيلين او الفينول.

٢- يستعمل فى صناعة المطاط (الصناعي والطبيعي) حيث يكسبة القدرة والمتانة فقد وجد أنه من الممكن ان يصبح بديلاً من الكربون الاسود فى هذه الصناعة علاوة على انه مثبت فعال.

٣- يدخل فى صناعة البطاريات وفى تسميد التربة حيث يعزى الية تكوين مادة الدبال فى التربة humus ايضاً فى صناعة الراتنجات المستعملة فى التبادل الايوني وكمرسب للانزيمات والبروتينات فى محاليلها المائية فيستعمل لترسيب البروتين من عصير القصب والمحاليل المختمرة وشرش اللبن.

٤- للحامض لجنوسلفونيك واللجنين القوي تأثير ضعيف فى الدباغة كما يستعملان فى صناعة حبر الطباعة.

اللجنين فى الطبيعة : Lignin

يوجد اللجنين في الأنسجة الخشبية كالقوالح ، وقشور البذور ، والجذور ، والسيقان ، والأوراق وهو مركب معقد في تركيبه الكيميائي ، وعديم الهضم تقريبا وعن تركيبه الكيميائي فلا يزال غامضا ، ورغم الاختلاف في التركيب الكيميائي للجنين . إلا أن الأنواع المختلفة منه كلها تحتوي علي التركيب الأساسي.

Phenyl Propane

$CH_2 - CH_2 - CH_2$

أما عن النواة العطرية فقد تحتوي أو لا تحتوي علي مجموعة أو أكثر من مجموعات الـ Methoxy (CH_3O) لهذا التركيب الكيميائي للجنين ، والذي يحتوي علي مجموعة ميثوكسيل واحدة يسمي أحادي اللجنين Lignin Monmer أو " جوايا كابل" ويوجد في لجنين النباتات معراه البذور ، أما التركيب الأخر الذي يحتوي علي مجموعتين ميثوكسيل .. يسمي "سيرانجايل" ويوجد مع التركيب الآخر "جواياكايل" في لجنين النباتات المغطاة البذور.

CH2 – CH2 – CH2 – (ring) – H_3CO, OH, O–CH3

CH2 – CH2 – CH2 – (ring) – OR, O–CH3

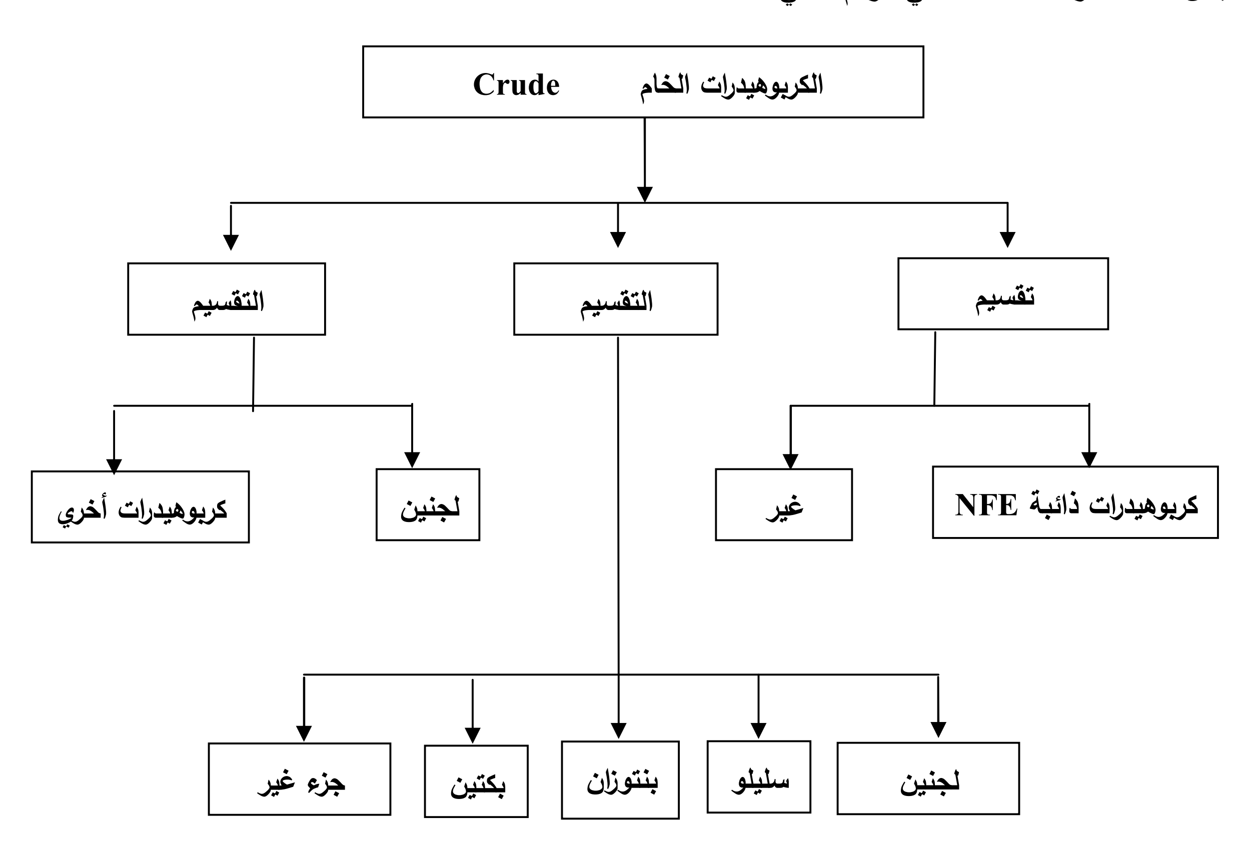
سيرانجايل **جواياكايل**

واللجنين عامة مقاوم شديد للتكسير بالكيماويات أو الانزيمات ، وكلما زاد عمر النبات أصبحت الجدر النباتية ملجننة Lignified وبالتالي يصعب جدا هضم هذه الأنسجة.

ويحتوي الدريس وأنواع القش علي نسبة عالية من اللجنين لذلك فهي قليلة الهضم ويعطي كل جرام من اللجنين ٦.٢٧٧ كيلو كالوري عند حرقه ، أي يعطي حرارة أقل من الدهن وأعلي من البروتين ، وبعد تحضير عينات نقية من اللجنين من مواد العلف المختلفة ثبت أن هذه العينات تتقارب في محتواها من نسبة الميثوكسيل، وتحتوي في المتوسط علي ١٨% من الميثوكسيل(OCH_3) وقد استخدمت هذه الخاصية فى التقدير باستخدام الحامض المركز H_2SO_4 ٧٢% وضرب الكمية الناتجة في عامل ثابت أو Factor هو ١٠٠/١٨ =٥.٥.

وعند تحضير اللجنين نجد أن جزء منه لا يذوب في H_2SO_4 (٧٢%) ويسمي "غير الذائب" ويذوب جزء آخر في هذا الحامض المركز ، ويسمي اللجنين الذائب وبإجراء مقارنة بين المصادر المختلفة.. وجد أن أغلب لجنين الخشب لا يذوب في الحامض ، أما في مواد العلف فأنها تختلف في النسبة بين اللجنين الذائب واللجنين غير الذائب. وقد ثبت من تجارب الهضم أن اللجنين غير الذائب لا يهضم بالمرة، بينما يهضم جزء قليل من اللجنين الذائب ، كذلك ثبت أن لجنين البقوليات يقاوم الإذابة بالقلوي، لذلك نجد أن أغلب لجنين تبن الفول يتركز في الألياف الخام . أما المواد النجيلية فإن أغلب اللجنين بها يذوب في القلوي. وبذلك يتركز أغلب اللجنين بها في المستخلص الخالي من الأزوت. يتضح أن اللجنين يتوزع جزء

منه في الألياف الخام ، وجزء آخر يوجد مع الكربوهيدرات الذائبة، وحيث إن اللجنين مادة عطرية Aromatic ولا تتبع الكربوهيدرات ، ولا يهضم منه إلا جزء قليل جدا لذلك فإن الاتجاهات الحديثة في التحليل الغذائي تتجه إلي فصل اللجنين وحده كما اقترح أبوريه ١٩٥١ ، وعززه ريد Reid ١٩٥٣، مما يؤدي إلي تقسيم الكربوهيدرات من وجهة النظر الغذائية ، خاصة بعد معرفة مكانة وأهمية اللجنين وأهميته كمركب كيميائي يوجد في بعض مواد العلف.
تشتمل المادة الغذائية علي (٦) مركبات غذائية هي الرطوبة ، الرماد الخام ، البروتين الخام ، الدهن الخام ، الألياف الخام ، والمستخلص الخالي من الأزوت ومن الوجهة الغذائية فقد قسمت الكربوهيدرات الخام الي كربوهيدرات ذائبه ، وأخري غير ذائبه وذلك في محاليل حامض H_2SO_4 (١.٢٥%) والغليان نصف ساعة ، ثم في محاليل NaOH (١.٢٥%) والغليان نصف ساعة أخري، وسمي هذا التقسيم تقسيم Weende وفيه عرف الجزء غير الذائب في المحاليل السابقة بأنه الألياف الخام Crude Fiber (CF) وعرف الجزء الذائب في المحاليل نفسها بـ المستخلص الخالي من الآزوت Nitrogen Free Extract (NFE)، بعد ذلك أمكن تحليل الكربوهيدرات الخام الي مكاناتها التفصيلية من: لجنين ، سيليلوز ، بنتوزان ، بكتين ، جزأ آخر غير مقدر ، علي أن يكون مجموع هذه المكونات مساويا لمجموع NFE + CF.
ونظرا لاختلاف البناء الكيميائي للجنين عن البناء الكيميائي لبقية الكربوهيدرات بسبب تركيبه العطري، ونظرا لاختلاف قيمته الحرارية عن القيمة الحرارية للكربوهيدرات .. فقد رؤي تقسيم الكربوهيدرات الخام إلي : لجنين وكربوهيدرات أخري ، وسمي هذا بـ " التقسيم المقترح" عن أبوريه 1951 وعززه ريد ١٩٥٣ والتلتي ١٩٧٣ ، وأبوريه والتلتي ١٩٧٦ ، ويمكن تلخيص هذه المقترحات المختلفة في الرسم التالي:



أمكن فصل اللجنين إلي جزء ذائب، وآخر غير ذائب في H_2SO_4 (٧٢%) وفي عام ١٩٧١ استحدث العالم Van Soest نظاما آخر لتحليل الكربوهيدرات الخام يعتمد علي فصل مكونات الخلايا عن جدرانها ، وذلك باستخدام محاليل تختلف في درجة الحموضة : حيث سمي الجزء من الكربوهيدرات الذي يتبقي أو ينفصل بمحلول متعادل باسم Neutral Detergent, Fiber, NDF كذلك سمي الجزء الذي ينفصل، أو يتبقي بعد الغليان لمدة ساعة في محلول حامضي باسم Acid Detergent Fiber , ADF وبمعاملة الجزء الأخير ADF بمحلول حامض كبريتيك ٧٢% فتبقي جزء من اللجنين سميAcid Detergent Lignin ADL، هذه الأجزاء الثلاثة التي انفصلت بمحاليل مختلفة الحموضة هي:

جدول رقم (٧) :

NDF	لجنين + سليلوز + هيمي سليلوز + جزء من الرماد
ADF	لجنين + سليلوز + جزء من الرماد
ADL	لجنين + جزء من الرماد

يمكن تقدير المكونات الثلاثة اللجنين ، السليلوز ، الهيمي سليلوز كما يلي :

الهيمي سليلوز = ADF – ADF

السليلوز = ADL – ADF

وكل من هذه الأجزاء التي تتخلف منها ADL, NDF, ADF ذات تركيب غير ثابت ، ويختلف من نبات لأخر ، ويختلف أكثر مع المكونات المأخوذة من الروث ويجب أن تقتصر طريقة فان سوست للتوصيف النباتي علي المواد الخضراء فقط. دون التجاوز الذي أطلقه بعض الباحثين علي هذه المركبات من روث الحيوان ودون استكمال الدراسات الخاصة بالتركيب التفصيلي لكل مركب في النباتات المختلفة الخضراء ، ومقارنة النتائج بين الروث والنبات المأخوذ منه.
ونظرا لاستخدام مواد كيميائية تستخدم في عمل المنظفات الصناعية في التحليل السابق فقد سمي هذا النظام بالـ Detergent System وأحيانا يسمي بإسم العالم الذي استخدمة Van Soest System ويتناوله الأمريكيون بإسم Crude Fiber System وكلها معان تؤدي إلي معني واحد.
من المعروف أن الألياف الخام هي مركبات غذائية تحتاج إلي مجهود كبير في قضمها وهضمها مما ينقص من الاستفادة من الغذاء ، خاصة في المجترات حيث وجد أن هناك ارتباطا سالبا بين الألياف الخام وهضم المادة العضوية في الغذاء ، مما دعا إلي خصم جزء من القيمة الظاهرية للغذاء أو لمادة العلف ، وهذا الجزء يتناسب طرديا مع نسبة الألياف في الغذاء والألياف الخام عديمة الفائدة من حيث قيمتها الغذائية للدواجن ، حيث أن الدواجن لا تهضمها ، ولكن بعض البكتريا التي توجد في القناة الهضمية للحيوانات المجترة والخيل تؤثر علي الألياف الخام وتحللها، وبذلك يمكن أن تستفيد هذه الحيوانات من التغذية علي مواد العلف الخشنة، أي التي تحتوي علي كثير من الألياف الخام .
ويبين الجدول معامل هضم الألياف الخام بالنسبة لمختلف حيوانات المزرعة نقلا عن Mangold الذي وجد أن الإنسان لا يهضم سليلوز الدريس ، ولكنه يمكن أن يهضم سليلوز بعض الخضر الورقية وعموما تنحصر أهمية الألياف فيما يلي:
أ–تعتبر كغذاء مالىء للمعدة لتشعر الحيوان بالشبع الفسيولوجي.
ب–تعطي قواما للعليقة ، خاصة إذا كانت العليقة مركزة ، حتي تمتلي بها القناة. الهضمية فيسهل إفراز العصارات الهاضمة نتيجة احتكاك الكتلة الغذائية بجدرانها.
ج–الألياف كمادة عضوية غير مهضومة يمكن أن تتشبع بالماء ، وتحتفظ به وبالتالي تجعل الفضلات الناتجة في حالة رطوبة ، يسهل انزلاقها خارج القناة الهضمية ، وبذلك يكون للألياف تاثير فسيولوجي منظم لعملية الإخراج ، خاصة في الحيوانات الوحيدة المعدة Mono gastric.

جدول رقم (٨) : هضم الألياف في الإنسان والحيوانات المختلفة

النوع	مكان هضم الألياف	معامل هضم الألياف
الإنسان	الأمعاء الدقيقة والغليظة	٢٥ – ٦٢
الحيوان المجتر	الكرش	٥٠ – ٩٠
الحصان	الأعور	١٣– ٤٠
الخنزير	الأعور	٣ – ٢٥
الأرنب	الأعور	٦٥ – ٧٨
الفأر	الأعور	٣٨ – ٤٦
الكلب	الأعور	١٠ – ٣٠
الدجاج	الأعور	٢٠ – ٣٠

(٥) الكيتين Chitin:

يعتبر ثاني المركبات العضوية من حيث الإنتشار علي سطح الأرض ، حيث يمثل جزء رئيسي من تركيب الحشرات والقشريات وكذلك في الجدر الخلوية للطحالب والفطريات. ومن الناحية التركيبية فهو يشبه السليولوز في التركيب البنائي حيث أن الروابط بين وحداته هي روابط جليكوسيدية من نوع بيتا ١ – ٤ تربط بين وحدات أسيتيل جلوكوز أمين N-Acetyl glucosamine .

ويتواجد الكيتين عامة مرتبطا مع مركبات أخري غير كربوهيدراتية مثل البروتينات أو مركبات أخري غير عضوية. أكثر مكون تركيبي فى البيولوجيا الكيتين chitin وهو مشابه جداً للسليلوز فى التركيب الأولى/الابتدائي والثانوي والثلاثى tertiary. الاختلاف الوحيد بين الكيتين والسليلوز هو ان C-2 hydroxy group لـ glucose monomers تحل محلها $NHCO\ CH_3$ وبالتالي تكون الوحدات المتكررة N-acetyl-D-glucosamines الكيتين هو المكون الاولى لجدر خلايا الفطريات والهيكل العظمي الخارجي للمفصليات arthropod exoskeletons بالرغم ان النباتات الراقية لا تحتوى عامة على كيتين فإن chitinase هو بروتين الدفاع النباتي الشائع a common plant defese protens .

(٦) الانيولين : Inulin

الانيولين عبارة عن سكر عديد يتكون من وحدات م–فراكتوز الا انه يوجد به اثار من الجلوكوز يوجد كمخزن للكربوهيدرات فى درنات الطرطوفة ونبات الداليا والخرشوف (العائلة المركبة) حيث انه يحل محل النشا فى هذه النباتات، وتكون وحدات الفركتوز فى حلقة فيرانوز.

(٧) كالوزي Callose :

الكالوز هو بيتا –١،٣ جلوكان B-1.3 glucan مشابة للسليلوز وهو مكون بلمري مهم فى الصفائح المثقبة لانابيب اللحاء sieve plants of phloem tubes والكالوز ينتج خلال شفاء جرح الانسجة النباتية الممزقة wound healing of damaged plant tissues.

٢– سكرات عديدة غير متجانسة Heteroglycans or Heteropolysaccharides :

(١) حمض الهاليورنيك Hyaluronic acid:

سكر عديد غير متجانس يتواجد بكثرة في الحيوانات حيث يعتبر من اهم المكونات بين الخلوية في الخلايا الحيوانية بشكل عام ، فالشخص البالغ الذي يزن حوالي ٧٠ جرام يحتوي جسمه علي حوالي ١٥ جرام من حمض الهاليورنيك.

ويتكون هذا السكر العديد غير المتجانس من وحدات سكر الأسيتيل جلوكوز أمين β-N- Acetyl glucosamine مرتبطة بروابط بيتا ١ – ٣ وبيتا ١ – ٤ بالتبادل مع وحدات حمض الجلوكويورنيك Glucouronic acid ونسبة تواجدهما ١ : ١ .

ومن وظائفه الحيوية الهامة أنه يتواجد بكميات كبيرة في الغشاء الزجاجي للعين وفي السائل المزلق بين المفاصل ، وتتمثل وظائفه الحيوية في إنه يعتبر مادة بنائية ، كما انه يعتبر مكون هام في الجلد Skin ، كما وجد أنه يوجد بكمية كبيرة في مخ الفئران الصغيرة غير البالغة وتقل كميته بعد البلوغ مما يشير إلي دوره في عملية تطور المخ.

(٢) الهيبارين Heparin:

يتكون الهيبارين من وحدة كبريتات حمض الجلوكويورونيك Glucouronic acid 2 – sulfate ووحدة جلوكوز أمين ثنائي الكبريتات مرتبطين مع بعضهما برابطة جليكوسيدية من نوع ألفا ١ – ٤ ، ويتراوح وزنه الجزيئي من ٣ إلي ٣٠ كيلودالتون.

L-Iduronic acid D-glucosamine

وهو سكر عديد ينتشر في الخلايا الحيوانية حيث يوجد في خلايا الكبد والطحال والدم ، ومن الناحية البيولوجية فهو يلعب دورا هاما في منع تجلط الدم لما له من نشاط مضاد لتجلط الدم في الإنسان والحيوان.

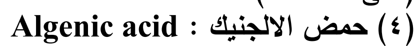
(٣) Alginates :

مجموعة اخرى من تركيبات الكربوهيدرات التى تنتج شرائط مرتبطة هيدروجينياً ممتدة extended hydrogen-bonded ribbons هى الالجينات الطحالب البحرية البنية اللون the alginates of marine brown algae وهى تشمل :

- Poly (B-D-mannuronate).
- Poly (α-L-guluronate).

وهى عبارة عن رابطة بيتا ١ ، ٤ مع سلاسل B-D-mannuronic acid and α-L- guluronic acid، الطحالب الحمراء البحرية Marine red algae تحتوي تركيب البولي سكريد آجار The structural polysaccharide agar والتي تتكون من مكونين : أجاروس Agaros وأجاروبكتين Agaropectin.

يتركب الاجاروس من بدائل D-galactose and 3.6-anhydro-L-galactose مع سلاسل جانبية من متبقيات 6-methyl-D-galactose residues والآجاروبكتين مثل الاجاروس ولكن يحتوى اضافة سلاسل جانبية استر سلفات، D-glucuronic acid. التركيب الثلاثى للأجاروس هو لولب او حلزون مزدوج double helix مع ما يسمي محور لولبي ثلاثي الأضعاف threefold screw التجويف المركزي the central cavity لهذا الحلزونية المزدوج double helix ممكن يلائم جزيئات الماء accommodate H_2O molecules، كل من الاجاروس والاجاروبكتين تكون بسرعة جل gels تحتوى كميات كبيرة من الماء (حتى ٩٩.٥%).



(٤) حمض الالجنيك : Algenic acid

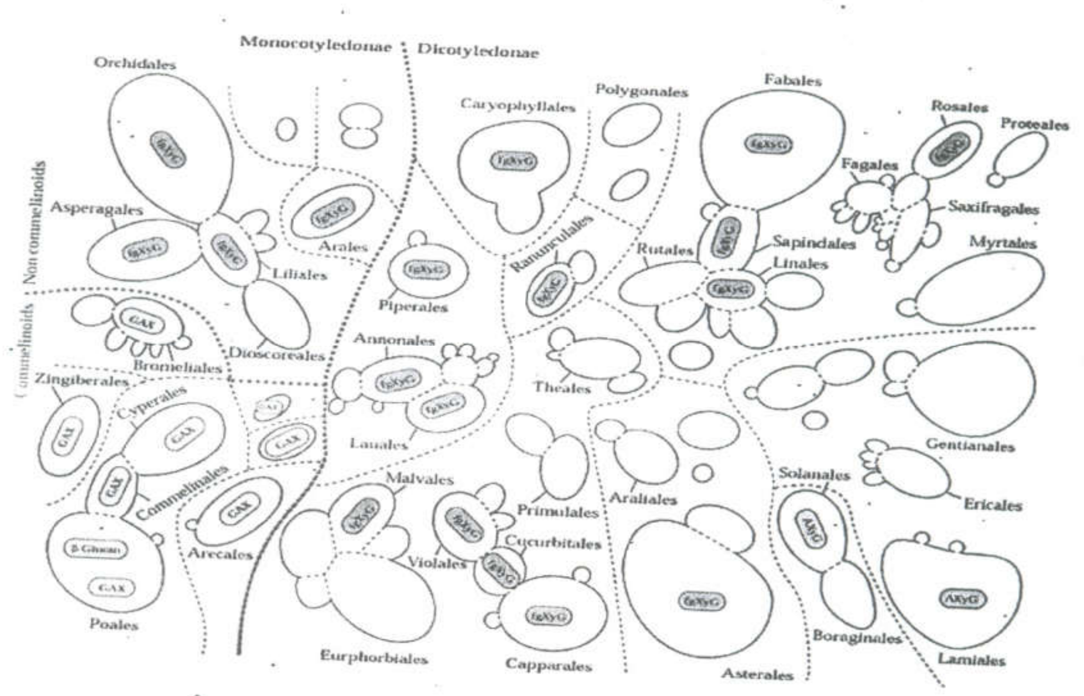
حمض الالجنيك هو عبارة عن سكر عديد يوروني يتكون من وحدات من حمض مانويورونيك فى صورة سلاسل غير متفرعة ترتبط مع بعضها بروابط بيتا ١–٤، ويوجد فى الطحالب البحرية وخاصة الطحالب البنية.



β-D-Mannuronic acid   Algenic acid

خواصة :

لا يذوب فى الماء ولكن املاحة تذوب وتسمي الجينات الصوديوم، وتكون محاليل سميكة لذلك يستعمل فى الصناعة كمواد استحلاب كما يستعمل فى الصناعات الغذائية.



شكل رقم (٩): Agarose double helix

(٥) الصموغ Gums :

معظم الصموغ المستعملة في الغذاء ومنتجات الصناعة عبارة عن مشتقات كربوهيدرات، منذ الاف السنين chewed قبائل المايتز والازوتيك Mayans and Aztecs تمضغ الصمغ من the dried sap of the Sapodilla tree المعروفة بـ chicti . ويطلق عليها chicle فى الولايات المتحدة ومنذ ١٨٨٠ يباع كـ Yucatan gum بعد خلطة وتوليفته مع شراب الذرة والنعناع corn syrup and pepper mint. والصموغ هى بولي سكاريذر تحتوى سكرات حامضية احادية sugar acid monomers مشابة الى بلمرات جدار الخلية هيمى سليلوز وبكتينات وتتكون فى جروح عديد من النباتات الخشبية ويبدو انها متضمنة فى احكام اغلاق الجروح sealing wounds.

الصموغ والهلاميات :

هناك العديد من النباتات لها القدرة على تكوين الصموغ على القلف وذلك عند جرحها او اصابتها بالحشرات، وهو افراز نباتي معين يحتوي على سكر عديدي وعليه يمكن جمع هذه الافرازات وتجفيفها حيث يكون لها القدرة على امتصاص الماء وتتحول الى كتلة لزجة كذلك يباع بشكل تجاري كمواد لاصقة ومنها الصمغ العربي.

الصمغ العربي :

ينتج الصمغ العربي على قلف اشجار السنط التى تنمو فى الاماكن الحارة ويستعمل كعامل استحلاب او عامل لزوجة، وقد اجريت عليه مجموعة كبيرة من الدراسات لأهميته الصناعية وهو ناتج بلمرة حمض الارابيك arabi acid على درجة عالية من النقاوة، بالتحليل المائي يعطي سكرات جلاكتوز، ارابينوز، حمض جلوكويورنيك ورامنوز. التحليل المائي الجزئي له يعطي حمض الالدوبيونيك Aldobionic acid الذى يتكون من جلاكتوز وحمض جلوكويورونيك.

تطبيقات على الأغذية Food applications :

احد أهم شئون الصحة والتغذية حالياً الياف الغذاء غير المهضومة non-digestable dietary fiber تسمي المواد المعدلة للرطوبة / المياة water modifying substances هبدروجيل hydrogels فى علوم الاغذية.

وتعرف البروتينات بجيلاتين gelatin ويتحصل عليها من الغليان، تحليل الجلد، والاربطة ligaments، الاوتار tendons، العظام – الخ ولها نفس الخواص. ويمكن تلبية هذه الاحتياجات من نشا النباتات والبكتينات والصموغ ومشتقات الاجار، وكاراجينات carrageenan (من الطحالب الحمراء ، مستنقع مكسو بالطحالب Chondrus crispus or Irish moss) وجميع الكربوهيدرات. وتستخدم المكثفات والمثبتات thickeners and stabilizers فى العديد من الاغذية، تشمل الايس كريم ، جيللى ، بودنج ، كثير من منتجات الاغذية المجهزة حديثاً. تستخدم الصموغ كغطاء العديد من المخاليط الفورية المباشرة او العاجلة instant mixes لتقليل امتصاص المياه من الجو المحيط ولهذا يقل تكتل

المخاليط clumping of the mixes الكربوهيدرات غير المهضومة Non-digestable carbohydrates خاصة الذائب فى الماء لها أهمية كبيرة فى الغذاء الآدمي والتغذية، وتشمل معظم الكربوهيدرات التى درست وذكرت فى هذا الجزء من الكتاب عدا النشا وكثير من السكرات البسيطة، ويعمل مصنعي الاغذية على تعديل النشا للتقليل من هضمة.

المخلفات الزراعية : Agricultural disposals (*)

تشمل المخلفات الزراعية فى مصر حطب الذره واتبان القمح والشعير وعروش بنجر السكر ومخلفات الخضروات٠٠ الخ وتبلغ جملة المخلفات الزراعية فى مصر ٣٣.٥ مليون طن سنوياً منها ١٥.٦ مليون طن يتم الاستفادة منها ويتبقى ١٨ مليون طن لايستفاد منها وتحرق ، ويوجد فقد فى المحاصيل الزراعية المخزونة حوالى ٤٠% من مهاجمة الفئران وهى تتلف اكثر مما تاكل ، ويوجد فقد أخر فى الخضر والفاكهة فى مراحل الجمع والنقل والتخزين توازى محصول اربعة مليون فدان من اجود الاراضى تمثل ٢٠-٣٠% من الانتاج ٠

تدرس وزارة الزراعة حالياً اعداد محطات لمعاملات ما بعد الحصاد من غسيل وتدريج وتعبئة والتخزين فى المبردات ومن الممكن انشاء هذه المحطات فى صورة اتحادات تعاونية نوعية يمتلكها المنتجون ويقوم عليها شباب الخريجين بعد التدريب الكافى مشيراً الى ان هذه المحطات ستوفر نحو ٩٠% من الفاقد الذى يتراوح ما بين ٢٠ الى ٣٠% سنوياً ويمكن ان ترقى بجودة الخضر والفاكهة الطازجة سواء وجهت للسوق المحلى او للتصدير بحيث تغطى تكلفتها فى فترة زمنية قصيرة بالاضافة الى ما توفره من فرص عمل كبيرة على مستوى الجمهورية ٠

٢٥% من حجم المخلفات التى لا يتم الاستفادة منها هى قش الأرز وحطب الذرة وبقايا مخلفات القمح والطماطم وقصب السكر وبقايا المحاصيل والخضر والفاكهة وهى ثروة من المخزون الغذائى يمكن الاستفادة منها كأسمدة لرفع خصوبة التربة وزيادة المحتوى النيتروجينى والعضوى لها ، وتمثل تدوير مخلفات المحاصيل الزراعية الحقلية ثروة قومية لمصر يجب استثمارها ونجد ان المتوسط السنوى لكميات قش الارز تصل الى ٣.٥ مليون طن ، وتبن القمح ٦.٩ مليون طن ، حطب الذرة ٣.٤ مليون طن ، وحطب القطن ١.٦ مليون طن ٠ وهذه المخلفات الزراعية تعادل بالحساب الاقتصادى اكثر من ثلاثة مليارات جنيه ، ٥٠% من المخلفات الزراعية بها مكونات عضوية تحتوى على ٣٦٠ الف طن أزوت تساوى ٦٧٥ مليون جنيه ، ٥٨ الف طن فوسفور قيمتها ٧٧ مليون جنيه ، ٣٧ الف طن بوتاسيوم قيمتها ٣٧٩ مليون جنيه واجمالى قيمة المخلفات الزراعية ٣.٤ مليار جنيه وممكن ان يستفاد منها فى انتاج الوقود الحيوى خاصة السليلوزى ٠

تعتبر نواتج النباتات وبقاياها مثل سوقها اوراقها وكذلك نواتج الحيوانات من أهم المصادر الطبيعية للمواد التي يستغلها الانسان للحصول على احتياجاته سواء لغذائة او كسائة او لاستعمالها فى الوسائل العديدية لرفاهيته، وفي الحقيقة تمدنا النباتات والحيوانات بغالبية هذه المواد منذ وجودها ، ولكن استغلال هذه المواد وكيفية الاستفادة منها قد تطور وارتقي بتقدم العلم الذي كشف عن تركيبها وساعد على الاستفادة منها، فأمكن الحصول على المواد التى تستخدم فى الأغراض الطبية وعلى المنتجات التي تستخدم فى الاغراض الصناعية من عصارات النباتات ومن اجزائها المختلفة ومن الحيوانات ومخلفاتها التى كانت تعبر فى وقت من الاوقات مواد معملة لا قيمة لها، وعلي انه يوجد الكثير من بقايات النباتات مازال قليل القيمة الاقتصادية مثل بقايا الحاصلات الزراعية التى تنتجها المزرعة سنوياً كحطب القطن والذرة وقش الارز وتبن القمح الشعير وقوالح الذرة وكثير غيرها، وتسمي هذه البقايا عادة مخلفات المزارع farm byprodcuts ويدخل ضمن هذه المخلفات الحشائش والنباتات البرية، ولم يكن لمعظم مخلفات المزرعة قيمة تذكر الى وقت قريب، ذلك لعدم دراسة تركيبها وعدم الخبرة فى الاستفادة منها، اما الآن فقد اصبحت هذه المخلفات من مصادر الخامات المهمية لكثير من الصناعات الكيميائية فأدخلت فى صناعات الأياف (صناعة الورق والخشب الحبيبي والحرير الصناعي) وفى صناعة البلاستيك وصناعة الورنيشات والمذيبات العضوية وكثير غيرها من الصناعات الهامة التى تعمل على رفع مستوي الشعوب والنهوض بحياتها، وفي الحقيقة بدأ البحث فى استغلال هذه المخلفات يتخذ صورة منظمة منذ سنة ١٩٣٥ عندما اقترح جماعة من علماء الكيمياء والزراعة والصناعة تحسين حالة المزارع بالعمل على الاستفادة من مخلفات المزرعة فى الصناعات الكيميائية للحصول على منتجات غير غذائية واطلق على هذا النوع من الدراسة لفظ كيمورجي Chemourgy ويشمل هذا العلم الآن على الدراسات التى تبحث فى تصنيع المواد الخام الزراعية بوجه عام وذلك ببحث تركيبها ومدي صلاحيتها للاستغلال الصناعي، وقد اهتمت كثير من الدول بهذا النوع من الدراسة والبحث وانفقت عليها بسخاء، فأنشأت الولايات المتحدة الامريكية اربعة محطات للبحث والتجريب لهذا الغرض واهتمت كليات الزراعة فى اكثر الجامعات بتخصيص فرع من اقسام الكيمياء للمساهمة فى هذه الدراسة، وقد كان لقسم الكيمياء بكلية الزراعة – جامعة القاهرة فضل السبق ففى دراسة مكونات كثير من مخلفات المزرعة المصرية مثل حطب القطن والذرة وقوالح الذرة وقش الارز وتبن القمح والشعير ومصاصة القصب وجريد النخل ومخلفات مصانع غزل القطن بجانب بعض المحاصيل الثانوية الكهار التى توجد زراعته فى الأرض المحلية وحديثة الاصلاح وكذلك بعض الحشائش البرية كالتيفا (التى يطلق عليها مجازاً اسم البردي).

(*) المصدر : د. عبد المنعم يوسف – كيمياء الالياف النباتية – ٢٠٠٣.

وقد اتجهت الجهود فى جمهورية مصر العربية فى وقتنا الحالي الى دراسة مخلفات المزرعة من ناجية صلاحيتها للاستغلال الصناعي بعد أن اصبحت الحاجة ماسة الى الاستفادة من جميع الموارد الطبيعية اشد إحتياجات النهضة الصناعية وما يتطلبة ارتفاع مستوى المعيشة من مستلزمات وساعد هذه الاهتمام ايضاً السياسة الاقتصادية التى تهدف الى رفع مستوى المزارعين والعمل على زيادة دخل المزرعة والعمل بالتالي على زيادة الانتاج القومي والاكتفاء الذاتي وتوفير جانب من العملة الصعبة وغير ذلك من المزايا، وكان من نتيجة ذلك أن قامت فعلاً عدة صناعات ناجحة على مخلفات المزرعة المصرية فانشئ مصنع الورق.

التابع لشركة راكتا بالاسكندية على مخلفات قش الأرز والبوص ومصنع لب الورق من مصاصة قصب السكر فى ادفو ومصانع الخشب الحبيبي من ساس الكتان بطنطا وفارسكور ومن مصاصة القصب فى كوم امبو.

استغلال المخلفات وتصنيعها :

تنتج المزرعة المصرية كميات وافرة من بقايا النباتات تزيد عن ٣٥ مليون طن سنوياً كلها مخلفات سليلوزية يمكن الاستفادة منها على مدي واسع في كثير من الصناعات على ما سبق ذكرة. وفيما يلي جدول يبين تحليل بعض هذه البقايا، **جدول رقم (٩) :**

المصدر	الرطوبة %	الرماد %	البنتوزان %	السليلوز الخام %	مكونات السليلوز			لجنين ومواد اخري
					الفا	بيتا	جاما	
سمار	٩.٧	٥.٩	٢٤.٧	٥١.٩٨	٦٤.١	٢٥.٩	٩.٠	٨.٠
تيفا	١٠.٤	٦.٦	١٩.٣	٢٦.٥٢٥	٨٠.٠	٧.٠	١٣.٠	٢٥.٠
تبن القمح	٧.٤	٩.٤	٢٧.٨	٤٢.٣٢١	٤٨.٧	٣٣.٨	١٧.٥	١٢.٠
تبن الشعير	٨.٣	١٠.١	٢٣.٣	٤٢.١١٦	٤٨.٠	٢٥.٦	٢٦.٤	١٦.٠
جريد النخل	١٧	٣.٩	١١.٣	٤٧.٠٢٠	٦٩.٩	٢٧.٤	٢.٧	٢٠.٠
مصاصة القصب	٩.٣	٢.٧	٢٨.٣	٣٥.٨٢١	٥٣.٢	١٣.٢	٢٣.٦	٢١.٠
حطب القطن	١٠.٦	٤.٣	١٣.١	٣١.٩٢٥	٢٨.٤	١٦.٦	٢٥.٠	٢٥.٠
قش الأرز	٧.٩	٢٤.٣	١٩.٣	٣٨.٢١٠	٦٩.٨	٦.٨	٢٣.٤	١٠.٠
حطب ذرة	٩.٨	٩.٥	١٣.١	٣٢.٠٢	٥٨.١	٢١.١	٢٠.٨	٢٠.٠
قوالح ذرة	١٠.١	٢.٥	٢٦.٨	٣.٠٠٣	٥٧.٠	١٧.٧	٢٥.٣	٣٠.٠

ويمكن استخدام هذه المخلفات ايضاً كمادة اساسية فى صناعة البلاستيك او كمواد مالئة فى هذه الصناعة، كما يمكن الاستفادة من قوالح الذرة لانتاج انواع من البلاستيك يمكن تشكيله لأغراض مختلفة وذلك استعمال قشرة الفول السوداني مع بعض البروتينات فى انتاج نوع من البلاستيك امكن تشكيلة على صورة فلين صناعي وقد استخدم هذا الانتاج فعلاً لسد النقص من الفلين فى الولايات المتحدة الامريكية اثناء الحرب العالمية الثانية كما تستخدم مخلفات مصانع الغزل فى انتاج رايون الفسيكوز (الحرير الصناعي) وخلات السليلوز وغيرها او تستخدم هذه المخلفات لانتاج علف للحيوان غني بالمواد البروتينية باستعمال انواع خاصة من الخمائر تنمو على السكرات الموجودة فى هذه المخلفات وتزيد من نسبة المواد البروتينية بها، كما تعتمد كثير من صناعات التخمر علي السكرات العديدية التى توجد فى بقايا النباتات كمصدر لنمو الكائنات الدقيقة ولانتاج كثير من المركبات الكيميائية مثل الكحولات والاحماض والكيتونات، وعادة تستعمل هذه المخلفات بعد اجراء التحليل المائي لها لجعل السكرات الاحادية تنفرد وتصبح صالحة للاستعمال بواسطة الكائنات الدقيقة بقدر انتاج الطن من قوالح الذرة بعد تحليلة مائياً بحامض الكبريتيك بحوالي ١٣٥ رطل من الزيلوز المتبلور، ٢١٤ رطلاً من الفورورال وهو من المذيبات العضوية المهمة، ٤٤ جالون من كحول الايثانول، ويقدر انتاج الطن من مصاصة القصب تحت نفس الظروف والمعاملات بحوالي ٩٨% رطلاً من الزيلوز، ١٥٥ رطلاً من الفورفورال، ٤٠ جوالناً من كحول الايثانول، وهنا يجدر الاشارة الى الدراسات والابحاث التى اجيت على المخلفات الزراعية وبعض الصناعية والتي يمكن استعمالها صناعياً بصورة قد تسهم فى اقتصاديات البلاد.

١- اجريت دراسة على شعر لوز القطن المستبقى فى الحقل بعد جني الحصول بسبب عدم التفتح وامكانية استعماله فى صناعة الرايون او الفيسكوز أو الورق كقطن طبي، كما امكن الحصول على زيت من بذرة القطن المختلفة بعد حلج الشعر واستعمالة فى الصابون استعمال الكسب المتخلف فى علف الحيوان، وبذلك يتم التخلص من ديدان اللوز بطريقة عملية نظيفة وليس عن طريق الحريق والذي ادي ويؤدي دائماً الى تلوث البيئة.

٢- وعلي نسق هذه الامر اجريت دراسة على مخلفات محالج القطن فيما يسمي بالكرتة والتمشيطية والسكرتو) وبجانب استخدامها فى التنجيد والحشو امكن تحويلها الى فيسكوز (حرير صناعي) والي قطن طبي (والى الواح الفا سليلوز بدلاً من استيرادها) من الخارج، كما امكن تحويلة الى مشتق كربوكسي ميثايل سليلوز اللازم لحفارات البترول.

٣- اجريت دراسة فى المركز القومي للبحوث على امكانية تعطين حطب القطن بدلاً من حرقة والحصول منه على الياف جيدة تدخل فى الدوبارة والحبال والاكياس والزكائب.

٤- تستخدم مخلفات مصانع النشا والبيرة فى صناعة علف حيواني وعلف دواجن.

٥- استخدمت المخلفات الزراعية مثل حطب القطن وحطب الذرة ومصاص القصب فى ناتج خشب حبيبي او في صناعة لب الورق ولدينا نموذج فى الوحدات الملحقة بمصانع السكر فى ادفوا وابو قرقاص والمنصورة (من ساس الكتان) فلم لا

تقام هذه الصناعات على صورة وحدات صناعية صغيرة تلحق بالمثانع الكبيرة لسكر القصب كما يمكن اضافة وحدة استخلاص شمع القصب من الطينة التى تنتج عن الترشيح الاولي للعصير علماً بأن صفات هذه الشمع تماثل صفات شمع الكارنوبا الذي نستورد منه كميات كبيرة.

٦- اجريت بحوث على استخدام جريد النخيل فى انتاج نوع من الخشب يماثل خشب الكونتر المستورد بدلاً من استعماله في صناعة الاقفاص التى عفا عليها الزمن واستبدلت بأقفاص بلاستيك، وكذلك استخدامه فى لب الورق واستخدم الكارينة في الألواح العازلة للصوت والحرارة.

٧- اجريت دراسة على تنقية زيت رجيع الكون بعد ضرب الأرز لخفض حموضته وتحويلة الى زيت صالح للإستهلاك الآدمي لمواجهة سد النقص فى الزيت الذي تعاني البلاد وهذه الصناعة قائمة فى اليابان منذ زمن بعيد وليست جديدة.

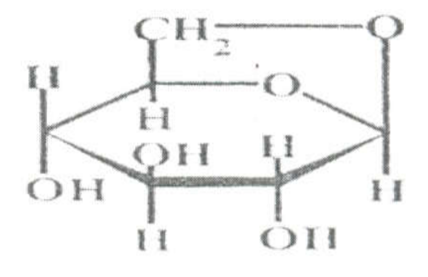
٨- اجريت الدراسة على احطاب الذرة وقش الارز ومعاملتها بالامونيل لرفع نسبة النتروجين بها وتحويلها الى علف حيواني او بالاتجاه الى تنمية الاحياء الدقيقة عليها لانتاج ما يسمي بروتين وحيدات الخلية لرفع قيمة هذه المخلفات لتغذية الحيوان single cell protein.

٩- اجريت دراسات على انتاج البيوجاز من المخلفات الزراعية ومخلفات الحيوان وامكانية استخدام هذا البيوجاز كمصدر للطاقة فى القري مع انتاج مخلفات سمادية تستخدم فى تحسين التربة الزراعية، وقد اجريت هذه التجربة فى بعض قري القليوبية فلم تعمم منعاً للتلوث.

١٠- تحتوي بعض المخلفات الزراعية (مثل قوالح الذرة مثلاً) على نسبة عالية من سكر البنتوزان والذي يستخدم فى كثير من الدول بتحضير سكر الزيللوز منه وتحضير الفورفورال وهو من المذيبات العضوية المهمة صناعياً والذي يستورد منه كميات كبيرة سنوياً.

وأخيراً هل آن الآوان الى ان يتحقق ما يدعو اليه السيد رئيس الجمهورية من الاعتماد على البحث العلمي والتكنولوجيات الحديثة فى تنمية موارد هذا البلد الذي حباه الله بالخير والبركة.

ويمكن تحضير كوك السليلوز بخواص تقريب من خواص الانتراسيت اذا سخن السليلوز على ١٥٠°م تحت ضغط مرتفع فى وجود بخار الماء ينتج عن التقطير الاتلافى للسليلوز فى الفراغ مركبات من نوع اندريد الجلوكوز المسماه بيتا جلوكوزان اليساري، وتركيبه عبارة عن ٦ ، ١ – اندريد–بيتا–م–جلوكوبيراتوز والمعلوم ان هذا الاندريد يتكون ايضاً من معاملة الجلوكوز تحت نفس الظروف ولذلك يعتقد ان السليلوز يتعرض اولاً الى عملية تكسير كيميائي متحولاً الى وحدات جلوكوز ثم يفقد الاخير ماء dehydration ويتحول الى صورة الاندريدية.



الضوء :

يؤدي الضوء وظيفة العامل اللمسي فى بعض تفاعلات السليلوز الكيميائية ففى عمليات تبيض القطن بواسطة فوق الاكاسيد وجد ان الاشعة فوق البنفسجية التى موجاتها اطول من ٤٠٠٠ انجستروم لها تأثر بسيط بينما لو قصر طول الموجة عن ذلك الى ٣٠٠٠ انجستروم فإنها تؤدي الى حدوث تكسير فى السليلوز يظهر اثره بانخفاض اللزوجة بقيمة تماثل الانخفاض الذي ينتج عن المعاملة بالاحماض المخففة.

ويتوقف التلف الناشئ عن الضوء على عدة عوامل منها وجود الاكسجين والصبغات والرطوبة وبالنسبة لآن هذا التلف يتوقف الي حد كبير على وجود اشاعات ذات طول معين لا يسهل توفرها فى الاستعمالات اليومية فان اهمية هذا الموضوع قليلة.

تأثير الاحياء الدقيقة والانزيمات على السليلوز يهم كل المشتغلين بعلوم التربة والتغذية وصناعة الورق والنسيج والاخشاب.

تجري فى الطبيعة عمليات مستمرة للتخلص من فضلات السليلوز بواسطة الاحياء الدقيقة مثل البكتريا الهوائية واللاهوائية mesophilic & thermophilic وكذلك الفطر actinomyces وميكانيكية عملية التكسير التى تحدث للسليلوز بفعل هذه الاحياء غير معروفة غير أن المعتقد انها تتم على خطوتين:

الاولي : تحليل مائي انزيمى enzymatic hydrolysis يؤدي الى انتاج الجلوكوز كناتج وسطي.

الثانية : عملية تخمر fermentation للجلوكوز تحولة الى احماض عضوية وغازات واذا تركت عملية التخمر دون تحكم فى سيرها ينتج عنها حامض خليك وبيوتريك وكحولات وغازات مثل الميثان والايدروجين وثاني اكسيد الكربون وكل ذلك

يتوقف على ظروف عملية التخمر نفسها ونوع الاحياء الدقيقة المشتركة فى العملية، ولقد اتجهت الانظار حديثاً الى أهمية ذلك فى تصنيع المخلفات السليلوزية واستغلالها اقتصادياً لانتاج مواد مختلفة.

الاحياء الدقيقة :

يعرف من هذه الاحياء اكثرة من سبعين نوعاً لها قدرة التأثير على السليلوز فتقلل من درجة بلمرته Depolymerize وتحوله الى نواتج مختلفة تتمى الى الاحياء الدقيقة التى تستهلك السليلوز فى عمليات فصلها isolation على سليلوز طبيعي نقي purified natural cellulose أو على سليلوز مسترجع regenerated او على سلكودكسترين، وتختلف هذه الانواع فى ظروق نموها وتأثيرها على السليلوز.

البكتريا :

البكتريا الهوائية وغير الهوائية تحلل السليلوز النق الخالي من اللجنين ويتوقف عملها عند وجود الاخير ومعني ذلك ان هذه الاحياء تؤثر فقط على السليلوز بعد استخلاصة من مصادرة ولا تأثير لها على الخشب الطبيعي، وقد دلت التجارب الكثيرة التى اجريت بهذا الخصوص على ان انزيمات البكتريا لا تؤثر على السليلوز، طالما يوجد به لجنين وبمجرد التخلص منه تبدأ هذه الانزيمات نشاطها هذه النتائج حملت الكثيرين على الاعتقاد بأن اللجنين يوجد فى الطبيعة متحداً مع السليلوز اتحاداً كيميائياً الا أن Virtanen et al., (1937) يعارضون هذا الرأي ويعتقدون بأن البكتريا لا تستطيع التأثير على سليلوز الخشب الطبيعي لان ميكانيكية تركيبية لا تسمح لانزيمات هذه البكتريا بالوصول اليه ولكن عند طحن الخسب يتعرض السليلوز للتحليل البكتيري ويزداد هذا التحليل كلما صغر حجم الحبيبات المطحونة كما وجدوا ايضاً ان السليلوز المحضر من الخشب بطبخة مع كبريتيت الكالسيوم يتحلل بفعل البكتريا رغم احتوائة على اللجنين بنسبة ١٨.٥% وقد تصل درجة التحليل الى ٨٠%.

الفطر : Fungi

يستطيع الفطر ان ينمو علي السليلوز النقي او الموجود فى بقايا النباتات، والفطر اشد من البكتريا فى تأثيرة على السليلوز ويمكن ملاحظة ذلك فى حالات عفن الخشب والذي يعرف منه نوعين العفن البني brown rot والعفن الابيض white rot ففى البني يهاجم الفطر السليلوز تراكاً اللجنين الذي يعطي الخشب لوناً بنياً، بينما فى العفن الابيض يقوم الفطر بمهاجمة اللجنين تاركاً السليلوز بلونة الابيض الا أن هذا النوع ايضاً يؤثر على السليلوز ويقلل من درجة بلمرتة ويحوله الى مكونات اخرى.

عند مهاجمة الفطر لشعر القطن تفرز البثرات النامية انزيمات تذيب طبقة الكيوتيكل فتسمح لهيفات الفطر hyphae ان تخترق سليلوز الجدار الثانوي حتى تصل الى القناة الوسطي ثم تبدأ عملية التحليل من الداخل الى الخارج inside out وذلك عكس ما يحدث بواسطة البكتريا فهى تلتصق بالجدار الخارجي وتبدأ عملية تحللها من الخارج الى الداخل outside in.

الانزيمات :

كان seilliere (1907) او من وجد ان السليلوز النقي المسترجع من محلول ايدروكسيد النحاس النشادري يمكن تحليلة جزئياً الى جلوكوز بواسطة العصارة المعدية المأخوذة من ثعبان Helix pomatia وقد امكن تحضير انزيم السليوليز Cellulase بعد ذلك من انواع مختلفة من الفطر والبكتريا، ويقوم الانزيم بتحليل السليلوز الى اجزاء صغيرة Fragments ذائبة، وتسير عملية التحليل بسرعة نسبية فى أول الامر ثم ببطء حتى نهاية التحليل، وميكانيكية التحليل المائي الانزيمى غير معروفة حيث يوجد جلوكوز وسلوبيوز ضمن النواتج ولكن ليس هناك ما يدعو الى الاعتقاد بعدم وجود لوليجوسكريدات في هذه النواتج لأن من المحتمل انتاج هذه الانواع خلال عملية التحليل الانزيمى ولكنها تستهلك بواسطة الاحياء الدقيقة اولاً بأول.

(٢) الليبيدات Lipids

مقدمة :

مر العلماء بالعديد من المراحل في مسألة وضع تعريف محدد لليبيدات ، فمعظم الكتب التقليدية تعرف الليبيدات بأنها: مجموعة من المركبات العضوية التي تذوب في المذيبات العضوية (مثل الهيدروكربونات – الكلورفورم – البنزين – الإيثير – الكحولات) ويضم هذا التعريف مدي واسع من المركبات العضوية تشمل الأحماض الدهنية ومشتقاتها والكارتوينات والتربينات والاستيرولات وأملاح الصفراء.

ولكن هذا التعريف يعتبر غير دقيق ، حيث أن بعض هذه المركبات التي تقع تحت تعريف الليبيدات تذوب في الماء كما تذوب أيضا في المذيبات العضوية.

ولذلك كان من الضروري البحث عن تعريف لليبيدات يأخذ في الاعتبار قواعد أخري غير عملية الذوبان ، لذا فقد وجد الكيميائين المشتغلين بهذا العلم تعريفا أكثر دقة لليبيدات وكذلك أكثر تحديدا وهذا التعريف هو: "الليبيدات هي عبارة عن الأحماض الدهنية ومشتقاتها والمركبات المرتبطة بها من الناحية التخليقية الحيوية أو من الناحية الوظيفية".

ومن خلال هذا التعريف يتسع مفهوم الليبيدات ليشمل الكولسترول وأملاح الصفراء والتوكوفيرولات والمركبات الأخري المرتبطة بها ، وكذلك يشمل الجانجلوسيدات Gangliosides بالرغم من أنها مركبات درجة ذوبانها في الماء اعلي من درجة ذوبانها في المذيبات العضوية.

ولما كان هذا التعريف معبرا عن الليبيدات كان لزاما علينا أن نضع تعريفا لمفهوم الأحماض الدهنية التي تعتبر أساس التعريف وأساس وصف الليبيدات ، وتم تعريف الأحماض الدهنية علي أنها: "مركبات يتم تخليقها في الطبيعة من خلال عملية تكثيف لوحدات مركب المالونيل قرين إنزيم (أ) Malonyl Co enzyme A بواسطة معقد إنزيمات تخليق الأحماض الدهنية" وهي تحتوي عادة علي عدد زوجي من ذرات الكربون في سلسلة مستقيمة (ومعظمها يحتوي علي عدد ذرات كربون يتراوح بين ١٤ : ٢٤ ذرة كربون) وهي إما تكون أحماض مشبعة أو غير مشبعة ، كما انها قد تحتوي علي مجموعات استبدالية.

ومن الممكن تعريف الليبيدات بأنها مجموعة من المركبات البيولوجية التى يمكن استخلاصها من الخلايا والانسجة الحية بالمذيبات العضوية مثل البنزين والاثير والكلورفورم وهي غير ذائبة فى الماء.

وهناك أربع وظائف بيولوجية أساسية تقوم بها الليبيدات:

١- تمثل أحد العناصر البنائية الأساسية في الأغشية الخلوية
٢- تستخدم كمخزن احتياطي للطاقة
٣- بعض الفيتامينات والهرمونات عبارة عن ليبيدات أو مشتقاتها الحيوية
٤- الأحماض المرارية عبارة عن ليبيدات وتلعب هذه الأحماض وأملاحها دورا حيويا هاما في عمليات هضم الدهون

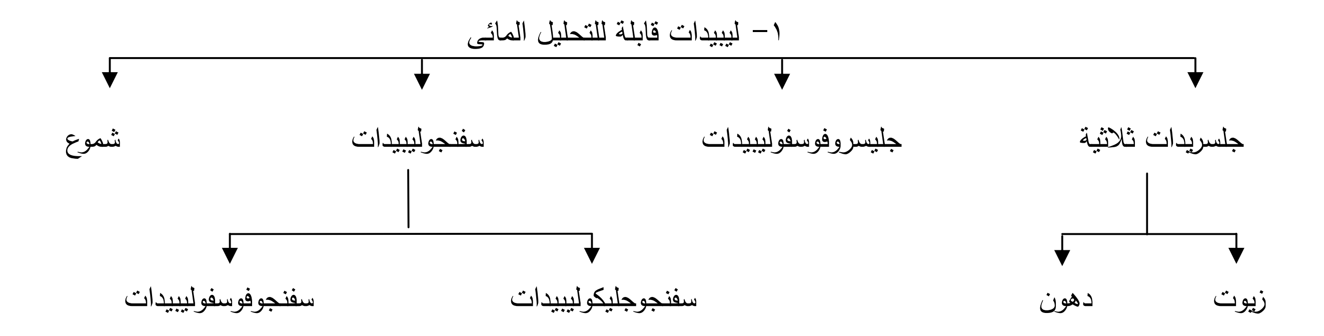
تقسيم الليبيدات Lipids classification

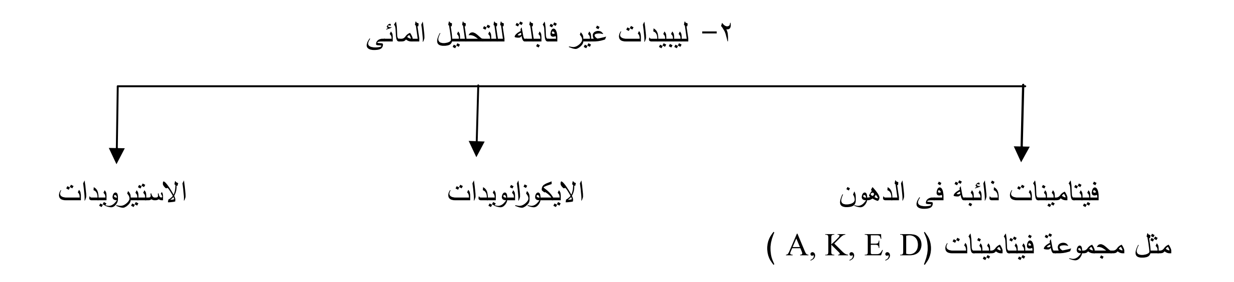
تقسم الليبيدات على عدة اسس منها :

١- على اساس قابيتها للتحليل المائى سواء بالقلوى او بالحمض المعدنى او بالانزيمات المحللة للدهون الى قمسين رئيسين هما :

أ- ليبيدات قابلة للتحليل المائى Hydrolyzable lipids وهى عبارة عن مجموعة الليبيدات التى تحتوى فى تركيبها على مجموعة استر واحدة على الاقل واحياناً تحتوى على مجموعة اميد او فوسفات او مجموعة اسيتال وهذه تتحول الى مركبات ابسط منها عند تحليلها مائياً ٠

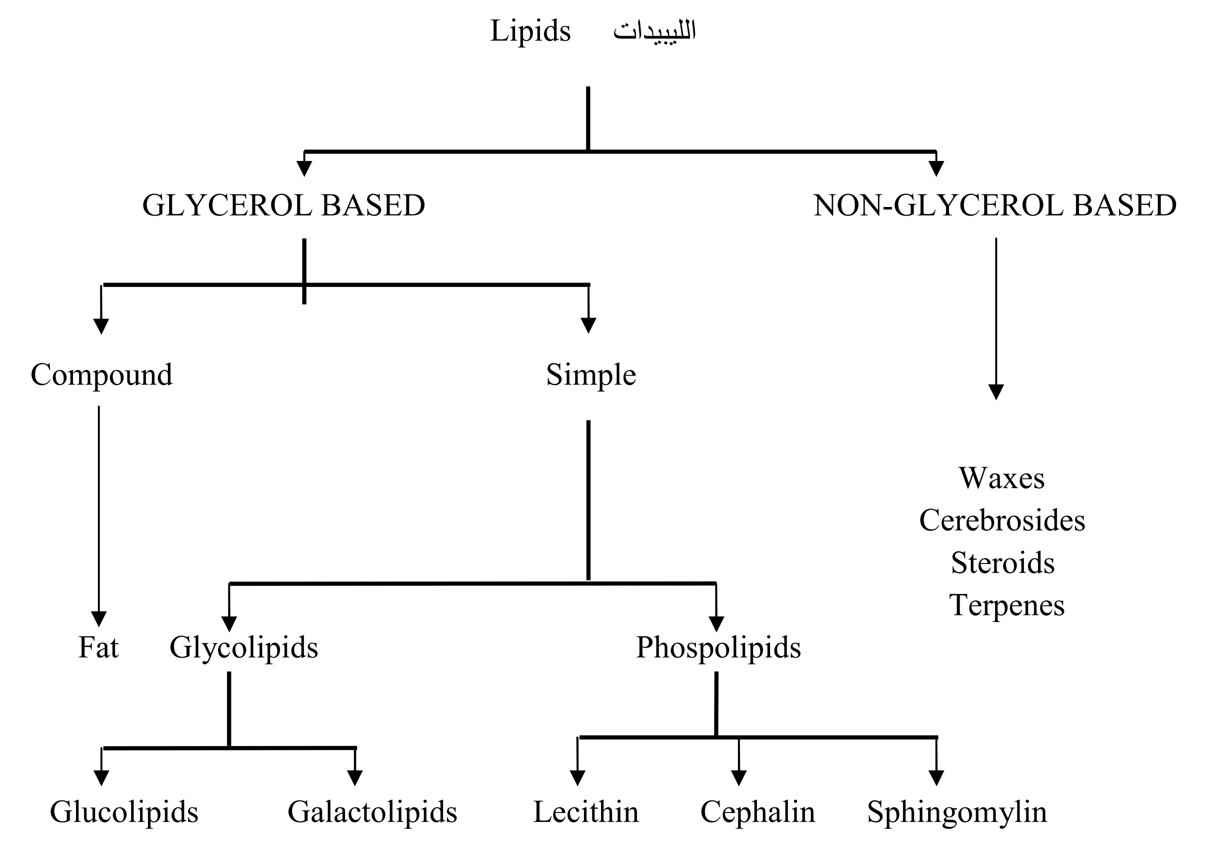
ب- ليبيدات غير قابلة للتحليل المائى Non-hydrolyzable وهى عبارة عن مجموعة الليبيدات التى لا تحتوى على اى من المجموعات السابقة ولا تقبل التحليل المائى والليبيدات التى تتبع كل مجموعة تظهر فى الشكل التالى :





مثل مجموعة فيتامينات (A, K, E, D)

٢- على أساس محتواها من الجليسرول كقاعدة: تحتوى الجليسريدات الثلاثية على حوالي ٩٥% من وزنها احماض دهنية موجودة فى صورة استرات جليسرول ، ونظراً لأن الاحماض الدهنية هى الجزء النشط بالاضافة الى انها تمثل معظم وزن الجليسريد فإنها تؤثر على الخواص الطبيعية والكيماوية للجليسريدات ولذلك يمكن الاستدلال على خواص الزيوت والدهون من دراسة الاحماض الدهنية التى تدخل فى تركيبها.



الاحماض الدهنية :
تحتوى الجليسريدات الثلاثية على حوالى 95 % من وزنها احماض دهنية موجودة فى صورة استرات جليسرول ، ونظراً لان الاحماض الدهنية هى الجزء النشط بالاضافة الى انها تمثل معظم وزن الجلسريد فانها تؤثر على الخواص الطبيعية والكيميائية للجليسريدات ولذلك يمكن الاستدلال على خواص الزيوت والدهون من دراسة الاحماض الدهنية التى تدخل فى تركيبها .
ملحوظة :
يمكن ايضاً تقسيم الليبيدات على اساس ان عملية التحليل المائى تتم بالقلوى فقط الى قمسين هما ليبيدات قابلة للتصبن Saponifiable lipids وليبيدات غير قابلة للتصبن Nonsaponifiable lipids .
وتقسم الليبيدات من حيث وجود شحنات عليها إلي قسمين :
١- ليبيدات متعادلة Neutral lipids:
وهي الليبيدات التي لا تحمل شحنات مثل: الجلسريدات – الكولسترول – استرات الكولسترول
٢- ليبيدات قطبية Polar lipids:
وهي الليبيدات المحملة بشحنات مثل: الفوسفوليبيدات
وايضاً يوجد تقسيم اخر لليبيدات على اساس تركيبها الكيميائى الى ثلاثة اقسام :

١- ليبيدات بسيطة Simple lipids

وهي الليبيدات التي تعطي عند تحليلها مائيا وحدتين فقط من الوحدات الأساسية لكل مول ، وهى عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية والكحولات المختلفة وعند تحليلها مائياً تعطى الكحول والحمض فقط وتشمل:

أ- الزيوت والدهون : Oils and fats

الزيوت وهي عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية وكحول الجلسرول وتنقسم إلي قسمين:
الزيوت Oils: عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية غير المشبعة والجليسرول ويكون قوامها سائل على درجة الحرارة العادية
الدهون Fats: عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية المشبعة والجليسرول ويكون قوامها شبه صلب على درجة الحرارة العادية.

ب- الشموع Waxes

هى عبار عن استرات ما بين الاحماض الدهنية طويلة السلسلة وكحولات ذات وزن جزيئى عالى وتتواجد في النبات والحيوانات والميكروبات ، ولها وظائف متنوعة مثل الوقاية من الماء Waterproofing وكمخزن للطاقة.
في بعض الأنسجة مثل الجلد يعمل كطبقة تغطي الغدد وكذلك توجد الشموع كغطاء لسطح الأوراق النباتية، والشموع قد توجد في تراكيب معقدة فقد تحتوي علي هيدروكربونات مثل السكوالين أو ألدهيدات او كيتونات أو كحولات حرة.
وتنقسم الى :

١- شموع بسيطة Simple waxes

هى عبارة عن استرات ما بين احماض دهنية متوسطة السلسة وكحولات احادية الهيدروكسيل طويلة السلسلة.

٢- شموع معقدة Complex waxes

هى عبارة عن استرات ما بين احماض دهنية طويلة السلسلة وكحولات ثنائية الهيدروكسيل طويلة السلسلة ايضاً.

٢- ليبيدات مركبة Compound lipids

هى عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية والكحولات ومركبات اخرى وهذا القسم عند تحليلة مائياً يعطى ثلاثة مركبات او اكثر وتشمل :

أ- الفوسفوليبيدات Phospholipids

هى عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية والجلسرول وحمض الفوسفوريك وأحد القواعد الأزوتية مثل مركب الفوسفاتيديل كولين ، والفوسفاتيديل جليسرول والكردولين ، وهى مركبات موجودة فى ميتوكوندريا عضلة القلب وجدر الخلايا البكتيرية.

```
      CH2—OOCR'
      |
R"COO—CH        O
      |         ||                +
      CH2—O—P—O—CH2CH2N(CH3)3
                |
                O-
```
phosphatidylcholine

```
      CH2—OOCR'    CH2OH
      |            |
R"COO—CH      O    CHOH
      |       ||   |
      CH2—O—P—O—CH2
              |
              O-
```
phosphatidylglycerol X^+

```
                                 O-  X+
                                 |
      CH2—OOCR'     CH2—O—P—O—CH2
      |             |        ||     |
R"COO—CH      O     CHOH     O      CH—OOCR'''
      |       ||    |               |
      CH2—O—P—O—CH2                CH2—OOCR''''
              |
              O-
                X+
```
cardiolipin

ب- جليكوليبيدات Glycolipids

هى تحتوى فى تركيبها على شق كربوهيدراتى عادة سكر احادى او ثنائى مثل سكر الجالاكتوز وهو السكر الشائع فى تركيب الجليكوليبيدات النباتية بالاضافة الى احد الكحولات الامينية المرتبطة برابطة اميدية مع الحمض الدهنى مثل السيريبروسيدات Cerebosides ولا يدخل حمض الفوسفوريك فى تركيبها الكيميائى.

ج- الاسفنجوليبيدات Sphingolipids

هي عبارة عن اميدات ما بين الاحماض الدهنية واحد الكحولات الامينية طويلة السلسلة مثل السفنجوزين بدلاً من الجليسرول وتحتوى فى تركيبها على حمض الفوسفوريك واحد القواعد الازوتية مثل السفنجوميلين والسيراميدات وهذه المركبات لها اهمية كبيرة فى جدر الخلايا حيث انها تعمل كأماكن antigenic على اسطحها.

```
                          O
                          ||                 +
R.CHOH.CH.CH2—O—P—O—CH2CH2N(CH3)3
          |               |
          NHOC.R'         O-
```
Sphingomyelin

```
R.CHOH.CH.CH2OH
          |
          NHOC.R'
```
Ceramide

٣- ليبيدات مشتقة derived lipids

وهذه تشمل المركبات الناتجة من التحليل المائى لكل من الليبيدات البسيطة والمركبة وتشمل الاحماض الدهنية المختلفة والكحولات المختلفة بجانب حمض الفوسفوريك والقواعد الازوتية المختلفة بالاضافة الى بعض الاستيرولات.

ملحوظة : تقسيم الليبيدات على اساس تركيبها الكيميائى يفضل فى الدراسة الكيميائية عن تقسيمها على اساس قابليتها للتحليل المائى.

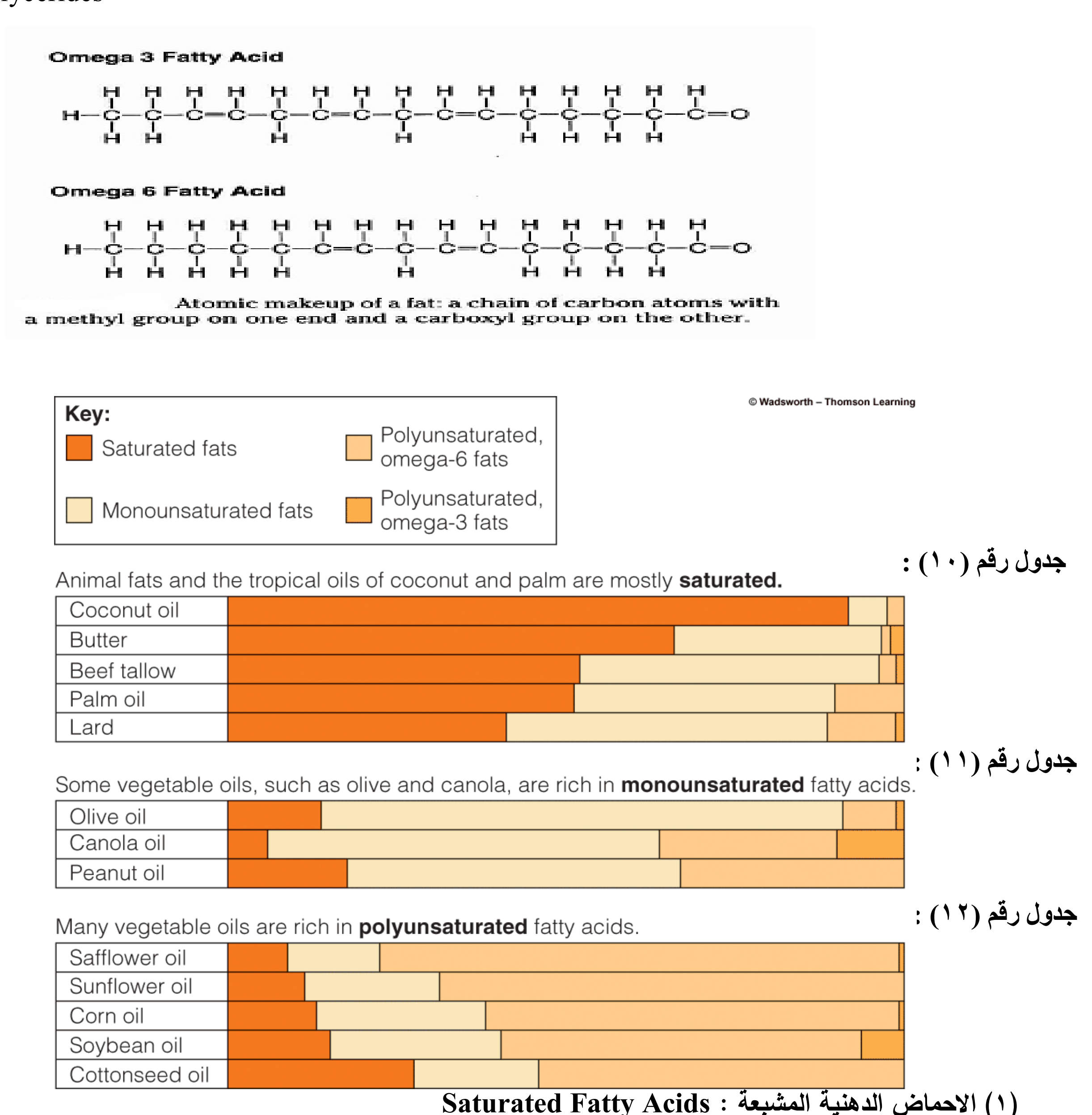
الأحماض الدهنية Fatty acids:

الاحماض الدهنية تعتبر المكون الاساسى للجليسريدات المنتشرة بكثرة فى الطبيعة وغالباً ما توجد فى صورة مرتبطة وقليل منها ما يوجد فى صورة حرة وهى عبارة عن احماض اليفاتية احادية الكربوكسيل موجودة فى سلسلة مستقيمة مشبعة او غير مشبعة والاحماض المنتشرة فى الزيوت والدهون تحتوى على عدد زوجى من ذرات الكربون يتراوح من (١٤-٢٠ذرة) ولكن وجد بعض الاحماض تحتوى على عدد فردى من ذرات الكربون وله تركيب متفرع مثل حمض الايزوفاليريك (isovaleric acid) الذى يحتوى على خمس ذرات كربون وموجود فى دهن كبد الحوت واكثر الاحماض المشبعة انتشارا هو حمض البالمتيك والاستياريك والاوليك اكثر الاحماض الدهنية الغير مشبعة انتشارا.

وتنتج الاحماض الدهنية من التحلل المائى للزيوت والدهون ذات سلاسل هيروكربونية طويلة Long-Chain Hydrocarbons غير ذائبة فى الماء وتحتوى على مجموعة واحدة كربوكسيلية فى نهاية السلسلة ، وذات عدد زوجى من ذرات الكربون Even Number واذا كانت الاحماض الدهنية لا تحتوى على روابط زوجية Double Bonds بين ذارت الكربون تسمى الاحماض الدهنية المشبعة Saturated Fatty Acids بينما اذا كانت تحتوى على رابطة او اكثر من الروابط الوجية تسمى الاحماض الدهنية غير المشبعة Unsaturated Fatty Acids .

Fat – what is it?

Natural fats and oils are comprised of glycerol esters of the higher even-numbered fatty acids =triglycerides



(١) الاحماض الدهنية المشبعة : Saturated Fatty Acids

الرمز البنائى لبعض الاحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة، **جدول رقم (١٣)** :

الحامض الدهنى	الرمز البنائى	عدد ذرات الكربون
بيوترك	CH3-(CH2)-COOH	C4
كابرويك	CH2-(CH2)4-COOH	C6
كابريليك	CH3-(CH2)6-COOH	C8
كابريك	CH3-(CH2)8-COOH	C10
لوريك	CH3-(CH2)10-COOH	C12
ميرستيك	CH3-(CH2)12-COOH	C14
بالمتيك	CH3-(CH2)14-COOH	C16
استياريك	CH3-(CH2)16-COOH	C18
أراشيديك	CH3-(CH2)18-COOH	C20

احماض اليفاتية احادية الكربوكسيل ذات عدد زوجى من ذرات الكربون ولا تحتوى على روابط زوجية فى السلسلة٠ والاسم العلمى لها يوضح عدد ذرات الكربون مع اضافة المقطع noic والرمز العام لها يكون :

CH3-(CH2)n-COOH

حيث n عدد مجموعات المثيلين الموجودة بين مجموعة المثيل ومجموعة الكربوكسيل وتستخدم حالياً طريقة حديثة بالارقام فى التعبير عن الاسم المختصر للحامض الدهنى حيث توضح عدد ذرات الكربون وعدد الروابط المزدوجة وموضعها ، فمثلاً حامض البالمتيك Palmiatic acid الاسم العلمى له Hexadecanoic يكون الاسم المختصر له 0 : 16 وهذا يعنى انه يحتوى على ١٦ ذرة كربون ولا يوجد روابط زوجية ٠

(٢) الاحماض الدهنية غير المشبعة : Unsaturated Fatty Acids

وهى أحماض تتميز باحتوائها على رابطة او اكثر من الروابط الزوجية مثل حمض اللينولينك.

CH3-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)7-COOH

والرمز المختصر له C18:2Δ9,12 اى انه يحتوى على ١٨ ذرة كربون وتوجد ٢ رابطة زوجية بين ذرات الكربون ٩ ، ١٢ من الطرف الكربوكسيلى، **جدول رقم (١٤)** :

الحامض الدهنى	الرمز البنائى	عدد ذرات الكربون
بالميتوليك	CH3-(CH2)5-CH=CH-(CH2)7-COOH	C16:1
أوليك	CH3-(CH2)7-CH=CH-(CH2)7-COOH	C18:1
لينوليك	CH3-(CH2)4-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)7-COOH	C18:2
لينولينك	CH3-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)7-COOH	C18:3
أراشيدونك	CH3-(CH2)4-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-CH2-CH=CH-(CH2)3-COOH	C12

تكوين الاحماض الدهنية غير المشبعة :

12 : 0 → **14 : 0** → **16 : 0** → **18 : 0**

Δ 9 desaturase

↓

18 : n-9

Δ 12 desaturase ↓ **Δ 15 desaturase**

18 : 2n-6 → **18 : 3n-3**

Δ 6 desaturase ↓ **Δ 6 desaturase** ↓

18 : 3n-6 **18 : 4n-3**

↓ ↓

20 : 3n-6 **20 : 4n-3**

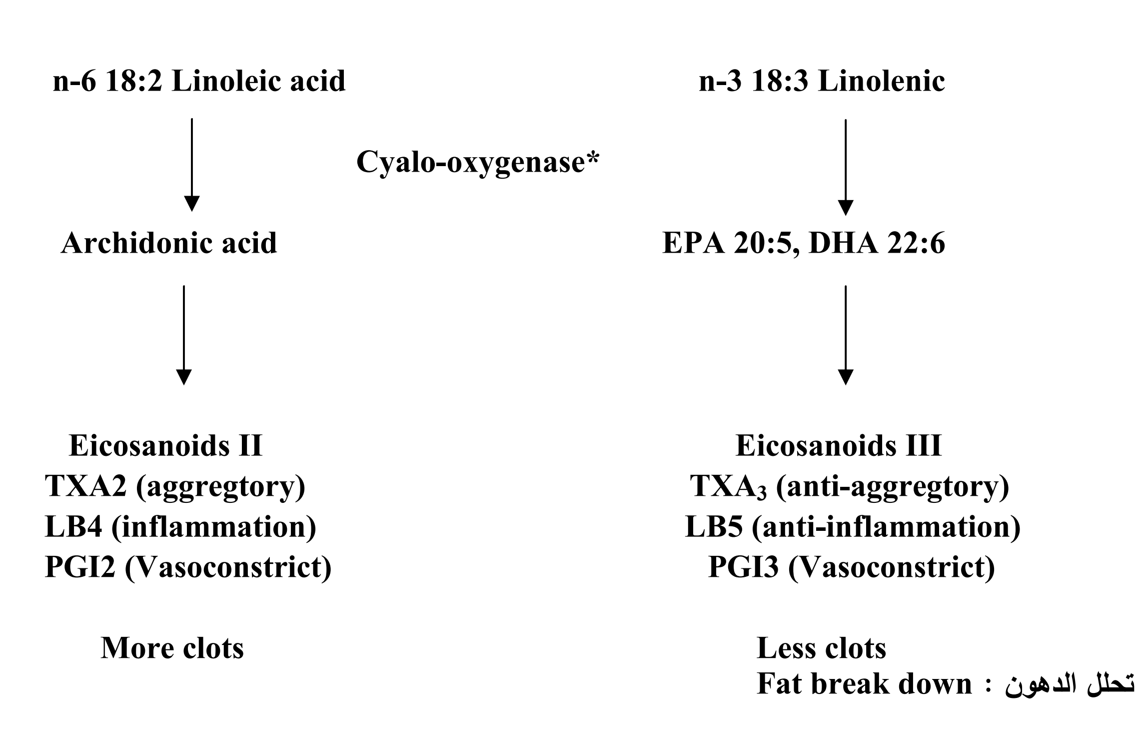
Δ 5 desaturase ↓ **Δ 5 desaturase** ↓

20 : 4n-6
Arachidonic acid

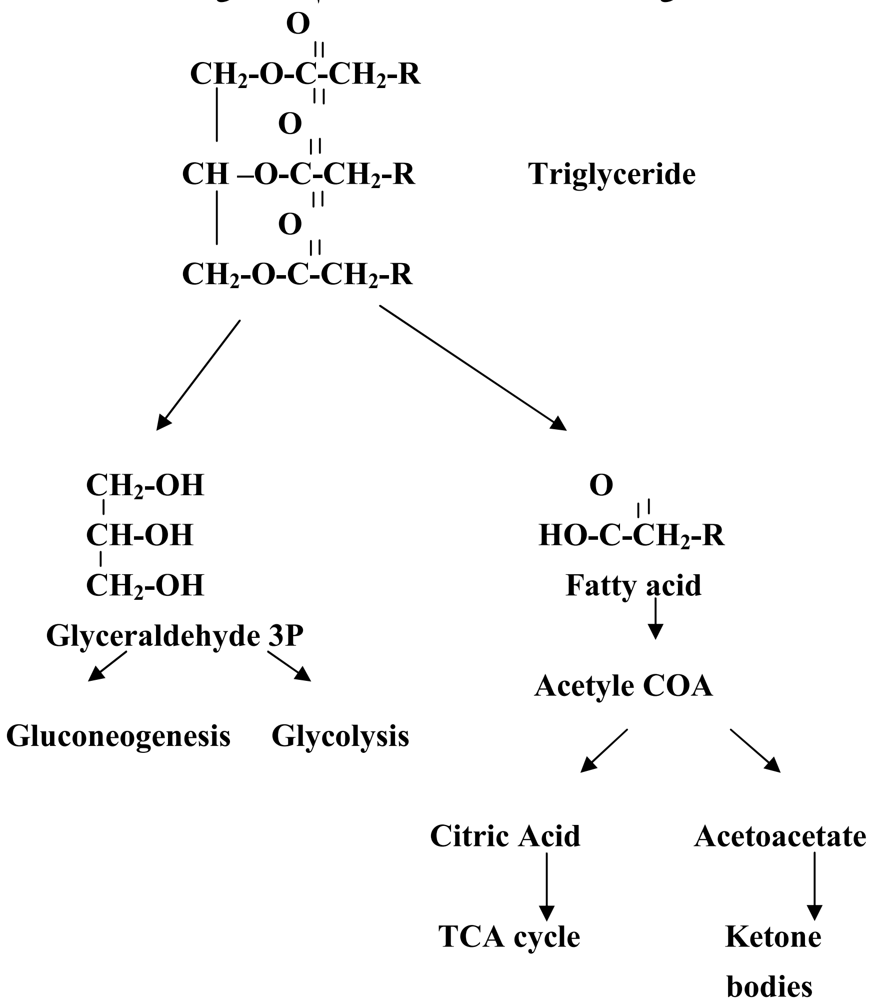
20 : 5n-3
eicosapentaenoic
(EPA)

↓ ↓ ↓

22 : 6n-3
(DHA) decosahexenoic acid



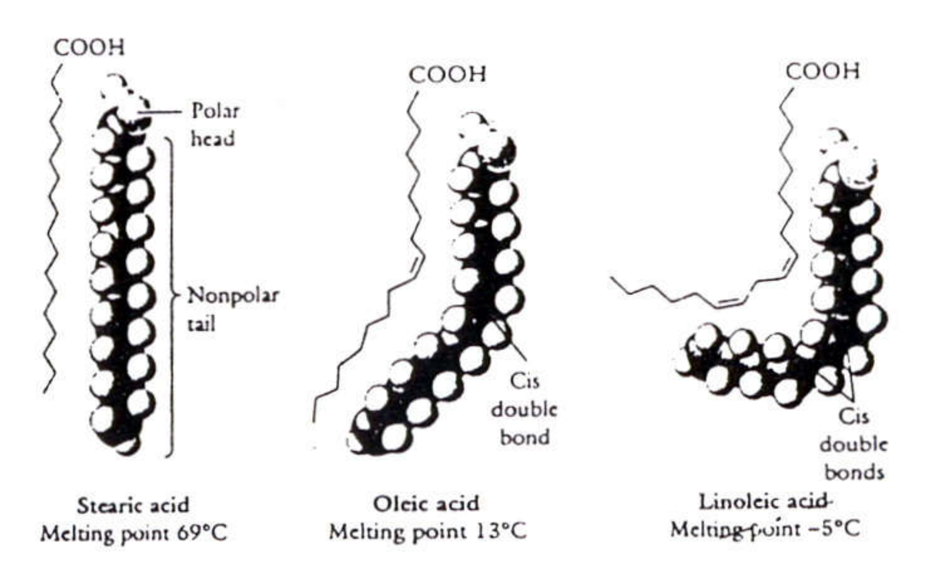
يوجد الدهن فى الخلايا الدهنية فى الانسجة الضامة adipose tissue ، ويتم تحلل الدهون وتتحرر الاحماض الدهنية بانزيمات الليبيز Lipases وتشمل ثلاث انزيمات ليبيز فى تحليل Triacylglyceride وينفرد احماض دهنية وجليسرول تمر الى تيار الدم ، ويتحول الجليسرول الى جلسريدالدهيد – ٣ – فوسفات ثم يدخل فى تفاعلات متتالية .



الخواص الطبيعية للأحماض الدهنية :

١- **القابلية للذوبان فى الماء :** الاحماض الدهنية لها قابلية صغيرة جداً للذوبان فى الماء وتقل هذه القابلية بزيادة عداد ذرات الكربون فى الجزئ (الطرف الغير قطبى) بالرغم من امكانية حدوث رابطة هيدروجينية بين مجموعة كربوكسيل الحمض الدهنى والماء ويلاحظ هذا فى الاحماض الهنية ذات السلسلة القصيرة مثل حمض النيتويك سهل الذوبان فى الماء بعكس الاحماض التى تحتوى على عشر ذرات كربون فأكثر مثل حمض الكابرويك فتكون عيدمة الذوبان فى الماء.

٢- **درجة الانصهار :** للأحماض الدهنية والليبيدات المحتوية عليها تزيد بزيادة عدد ذرات الكربون فى الجزئ وتقل بزيادة عدد الروابط الزوجية مثال حمض الاستياريك له درجة انصهار ٧٠°م وتقل هذه الدرجة وتصل الى ١٣ ، –٥ ، –١١°م عند احتواء الجزئ على رابطة زوجية واحدة او اثنين او ثلاثة وهذا الانخفاض يرجع الى احتواء الجزئ على روابط زوجية من النوع المضاهى Cis التى تقلل من تجاذب الجزيئات مع بعضها بعكس الاحماض الدهنية الغير مشبعة من النوع المخالف Trans وهذه لها درجات انصهار اعلى من Cis واقل من الاحماض المشبعة ويرجع هذا الى ان الرابطة Trans لاتؤثر على استطالة سلسلة جزئ الهيدروكربون للحمض الدهنى كما يظهر فى الشكل التالي:



شكل رقم (١٠): يوضح اختلاف الاشكال الفراغية لكل من حمض الاستياريك والاوليك واللينوليك يؤدى الى اختلاف درجات الانصهار لكل منهم

٣- **التشابة الهندسى** فى الاحماض الدهنية المشبعة ذارت الكربون ترتبط مع بعضها ومع ذرات الهيدروجين فى السلسلة الهيدروكربونية بروابط احادية والزوايا بينهم قيمتها ١١٠°م تقريباً مما يجعل جزئ الحمض المشبع يأخذ شكل فراغى متعرج (Zigzaag) وهى الصورة الطبيعية الموجودة عليها الاحماض الدهنية المشبعة اما الاحماض الدهنية الغير مشبعة والمحتوية على رابطة زوجية يحدث بها تشابه هندسى ويعطى صورتين للحمض على حسب وضع المجاميع او الذرات حول الرابطة الزوجية فعند وجودهم فى اتجاه واحد يعطى الصورة Cis والعكس يعطى الصورة Trans. والصورة Trans توجد فى شكل زجزاج كما فى الاحماض الدهنية المشبعة لكن الاحماض الدهنية من النوع Cis فيوجد بها انثناءات ناشئة عن اماكن عدم التشبع داخل السلسلة الهيدروكربونية ، وهذه الانثناءات تجعلها تشغل حيزاً صغيراً ويكسبها اهمية حيوية كبرى عند دخولها كمكون من مكونات الاغشية الخلوية فى الانسجة المختلفة وعموماً الاحماض الدهنية احادية وعديدة عدم التشبع توجد فى الوضع Cis .

طرق تسمية الاحماض الدهنية :

اولاً : طريقة التسمية الشائعة Typical nomenclature

وهذه الطريقة بينت على اساس المصدر الذى وجد به الحمض الدهنى مثل حمض الميرسيتيك وجد فى زيت بذور عائلة Myristicaceae وحمض المارجرليك Margaric وهو حمض مشبع يحتوى على ١٧ ذرة كربون.

والتسمية الشائعة يحدث بها الاخطاء لحدوث تداخل بين الاحماض الدهنية المختلفة والمشابهات المختلفة لها.

ثانياً : طريقة التسمية العلمية Systematic nomenclature

وفيها يسمى الحمض الدهنى تبعاً للألكان المقابل له مع حذف نهاية الاسم (e) ويوضع بدلاً منها Oic لذلك جميع الاحماض الدهنية المشبعة تنتهى بمقطع anoic.

مثال :

Octane ⟶ Octanoic acid

Alkane ⟶ Saturated fatty acid

اما الاحماض الدهنية الغير مشبعة فنظراً لاحتوائها على رابطة زوجية او اكثر بالجزئ فتنتهى التسمية الخاصة بها المقطع enoic.

مثال

Hexadecenoic acid	Hexadecene
حمض دهنى يحتوى على ١٦ ذرة كربون ورابطة زوجية واحدة	الكين يحتوى على ١ ذرة كربون

ثالثاً : طرق التسمية المختصرة Abbreviation nomenclature

وفى هذه الطريقة الاحماض الدهنية المشبعة تعرف برقمين الأول يدل على ذرات الكربون الموجودة فى المض الدهنى ككل والثانى صفر يدل على ان الحمض الدهنى مشبع مثل حمض الاستياريك الرمز المختصر له 18:0.
اما الاحماض الدهنية الغير مشبعة فيتم تحديدها برقمين ايضاً الأول يدل على عدد ذرات الكربون فى الحمض الدهنى ككل والثانى يدل على عدد الروابط الزوجية ومكانها.
ولتحديد مكان الرابطة الزوجية بالجزئ يوجد نظامين للترقيم :

١ – نظام الترقيم دلتا Numbering-

وفيها يبدأ الترقيم من الطرف الكربوكسيلى ويعطى الحمض الدهنى رقمين يفصل بينهما بنقتطتين والرقم الأول يدل على عدد ذرات الكربون فى الحمض الدهنى والثانى يدل على عدد الروابط الزوجية بالجزئ ثم توضع ارقام بين قوسين تدل على مكان الرابطة الزوجية ووضعها الفراغى.
مثال حمض البالميتوليك $16 : 1 (9c)$ or $16 : 1^{9}$
وهذا يعنى ان الحمض الدهنى به ١٦ ذرة كربون وبه رابطة زويجة واحدة بين ذرة الكربون ٩ و ١٠ والوضع الفراغى لذرتى ايدروجين الرابطة الزوجية من النوع المضاهى Cis .

٢ – نظام الترقيم اوميجا ω – Numbering

وهذا الترقيم يبدأ من الطرف المثيلى عكس النظام دلتا ويعطى الحمض الدهنى رقمين الول يدل ايضاً على عدد ذرات الكربون بجزئ الحمض الدهنى والرقم الثانى يدل على عدد الروابط الزوجية وبين الرقمين توجد نقطتين ثم يوضع الرمز اوميجا ω علية مكان الروابط الزوجية بالجزئ .
مثال حمض البالميتوليك يسمى بالطريقة اوميجا $16 : 1\ \omega^{7}$ وبالطريقة دلتا $16 : 1^{9}$ حمض اللينولينك بالطريقة دلتا $18 : 3^{9.12.15}$ وبالطريقة اوميجا $18 : 3\ \omega^{6.9.12}$

أقسام الأحماض الدهنية:

يوجد عدد كبير جدا من الاحماض الدهنية يدخل فى تركيب الانواع المختلفة من الليبيدات ولسهولة دراستها تم تقسيمها الى مجموعات على حسب التركيب الكيميائى للحمض الدهنى والمجموعات الفعالة الموجودة به الى :

١ – أحماض دهنية مشبعة مستقيمة السلسلة Saturated straight chain:

وهي تمثل نسبة تتراوح من ١٠ – ٤٠% من الأحماض الدهنية الموجودة في الطبيعة ، وتتواجد في الخلايا النباتية والحيوانية والأحماض الأكثر انتشارا هي الأحماض التي تحتوي ١٤ ، ١٦ ، ١٨ ذرة كربون ، وهي تتواجد في الطبيعة بكثرة ويتراوح عدد ذرات الكربون بها بين ٢ – ٣٦ ذرة كربون وتوجد في صورة استرات أحماض دهنية.
والأحماض الدهنية المشبعة التي تحتوي علي ١٢ ذرة كربون فأكثر تتميز بأن لها درجة انصهار مرتفعة نسبيا. وتتميز الدهون الحيوانية التي تحتوي علي الأحماض الدهنية المشبعة وكذلك
بعض الزيوت النباتية مثل زيت النخيل الذي يتميز باحتوائه علي أحماض دهنية مشبعة بأنها صلبة علي درجة حرارة الغرفة.

جدول (١٥) : الاحماض الدهنية المشبعة

Common name الاسم الشائع	Systematic name الاسم العلمى	Chemical structure التركيب الكيميائى	Abbreviation الرمز المختصر	Sources مصادر وجودة
Butyric	Butanoic	$CH_3 - (CH)_2 - COOH$	4 : 0	دهون اللبن – معدة المحترات
Caproic	Hexanoic	$CH_3 – (CH_2)_4 – COOH$	6 : 0	لبن الابقار
Caprylic	Octanoic	$CH_3 – (CH_2)_6 – COOH$	8 : 0	الدهون النباتية مثل ذبدة الكاكاو
Caproic	Decanoic	$CH_3 – (CH_2)_8 - COOH$	10 : 0	الدهون النباتية مثل زيت جوز الهند
Lauric	Dodccaanoic	$CH_3 – (CH_2)_1 – COOH$	12 : 0	زيت الفول السودانى – زيت لب النخيل
Myristic	Tetradccanoic	$CH_3 – (CH_2)_{12} – COOH$	14 : 0	دهن الخنزير – زيت جوز الهند
Palmitic	Hexadecanoic	$CH_3 – (CH_2)_{14} – COOH$	16 : 0	زيت بذرة القطن – زيت فول الصويا
Stearic	Octadecanoic	$CH_3 – (CH_2)_{16} – COOH$	18 : 0	دهون الحيوانات المجترة – وزيت الزيتون والصويا وزيت الذرة
Arachidic	Eicosanoic	$CH_3 – (CH_2)_{18} – COOH$	20 : 0	زيت الفول السودانى
Behenic	Docosanoic	$CH_3 – (CH_2)20 – COOH$	22 : 0	شمع الـ Jojoba
Lignoceric	Tetracosanoic	$CH_3 – (CH_2)_{22} - COOH$	24 : 0	الشموع النباتية

٢–أحماض دهنية مستقيمة السلسلة أحادية عدم التشبع Straight chain – Monoenoic

ويتواجد هذا النوع من الأحماض الدهنية في الطبيعة بكثرة ، ويتميز باحتوائه علي رابطة زوجية واحدة وغالبا تكون هذه الرابطة من النوع Cis وإن كان ذلك لا يمنع وجود بعض الأحماض الدهنية تحتوي رابطة واحدة من نوع Trans.

H C=C H, R R' — cis-

H C=C R', R H — trans-

ويتراوح عدد ذرت الكربون في هذا النوع من الأحماض الدهنية من ١٠ – ٣٦ ذرة كربون وتوجد منشرة في الطبيعة في صورة استرات ، ولكن الأحماض الأكثر تواجدا في الخلايا النباتية والحيوانية هي الأحماض التي تحتوي ١٦ و ١٨ ذرة كربون.

جدول (١٦): الأحماض الدهنية أحادية عدم التشبع

Common name **الاسم الشائع**	**Systematic name** **الاسم العلمى**	**Chemical structure** **التركيب الكيميائى**	**Abbreviation** **الرمز المختصر**	**Sources** **مصادر وجودة**
Myristoleic	*cis*-9-tetradecenoic	$CH_3 – (CH_2)_3 – CH = CH – (CH_2)_7 – COOH$	14:1(*n*-5)	يوجد كأثار في لبن ودهون الأبقار
Palmitoleic	*cis*-9-hexadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_5 – CH = CH – (CH_2)_7 – COOH$	16:1(*n*-7)	يوجد كأثار في دهون الحيوانات ، كما أنه قد يتواجد في زيوت الأسماك مثل زيت كبد الحوت
Petroselinic	*cis*-6-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_{10} – CH = CH – (CH_2)_4 – COOH$	18:1(*n*-12)	يمثل حوالي ٥٠% من زيت بذور نباتات الجزر والبقدونس والكزبرة
Oleic	*cis*-9-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_7 – CH = CH – (CH_2)_7 – COOH$	18:1(*n*-9)	يمثل حوالي ٣٠ – ٤٠% من اجمال الأحماض الدهنية في الأنسجة الدهنية الحيوانية ، كما يمثل من ٢٠ – ٨٠% من الزيوت النباتية المختلفة مثل زيت الزيتون وعباد الشمس واللوز والذرة
Cis-vaccenic	*cis*-11-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_5 – CH = CH – (CH_2)_9 – COOH$	18:1(*n*-7)	يعتبر من الأحماض المنتشرة بكثرة في الدهون البكتيرية ويتواجد بصورة نادرة في النباتات والحيوانات
Erucic	*cis*-13-docosenoic	$CH_3 – (CH_2)_7 – CH = CH – (CH_2)_{11} – COOH$	22:1(n-9)	يتواجد بصورة أساسية في زيوت الأسماك ، وبنسب بسيطة جدا في الدهون الحيوانية ، في حين يمثل حوالي ٦٦% من الأحماض الدهنية في زيت الخردل
Elaidic	*trans*-9-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_7 – CH = CH – (CH_2)_7 – COOH$	9*t*-18:1	يوجد في دهون البقر والخراف والماعز ، كما ينتج من هدرجة الزيوت النباتية
Vaccenic	*trans*-11-octadecenoic	$CH_3 – (CH_2)_5 – CH = CH – (CH_2)_9 – COOH$	11*t*-18:1	يوجد في الدهون الحيوانية ، كما ينتج بنسبة كبيرة من هدرجة الزيوت النباتية

ملحوظة:

الأحماض الدهنية من النوع Trans تزيد من تركيزات LDL كوليسترول الضار وتقلل من تركيزات HDL كولسترول غير الضار وذلك فى سيرم الدم مما يؤدى الى ترسيب الكوليسترول على جدر الاوعية الدموية مؤدياً الى حدوث مرض تصلب الشرايين.

٣-أحماض دهنية مستقيمة السلسلة عديدة عدم التشبع:

traight chain – Methylene interrupted double bonds :

تحتوي معظم الليبيدات في الكائنات الراقية علي هذه الأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع (تحتوي رابطتين زوجيتين أو أكثر) والتي تكون الروابط الزوجية فيها غير متبادلة ويفصل بينها مجموعة ميثلين واحدة والروابط الزوجية في الوضع Cis لذا فلها التركيب العام التالي:

$$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$$

وفي النباتات الراقية نادرا ما يتعدي عدد الروابط الزوجية في هذه الأحماض الدهنية عدد ثلاث روابط ، بينما في الطحالب والحيوانات الراقية يصل عدد الروابط الزوجية في هذا النوع من الأحماض الدهنية إلي ست روابط زوجية.
وتقسم الأحماض الدهنية التابعة لهذا القسم علي أساس موضع أول رابطة زوجية من ناحية الطرف الميثيلي في الحمض الدهني إلي:

أ- عائلة الأوميجا ٦ Omega 6 (n-6) family:

١- حمض اللينوليك Linoleic acid: يعتبر المكون الأساسي للدهون النباتية بشكل عام ومعظم الزيوت النباتية المستخدمة غذائيا تحتوي كميات كبيرة من هذا الحمض الدهني ، حيث يمثل أكثر من ٥٠% من اجمالي الأحماض الدهنية لزيوت الذرة وعباد الشمس والصويا ، كما أنه ينتشر بكثرة في الدهون الحيوانية حيث يمثل من ١٥ – ٢٥% من إجمالي الأحماض الدهنية الكلية للدهون في الأنسجة الحيوانية.
ويعتبر هذا الحمض الدهني البادىء الأساسي لتخليق باقي أفراد عائلة الأوميجا ٦ في النباتات والحيوانات خلال عمليات التخليق الحيوي بمساعدة إنزيمات Elongase and Desaturase ، ولهذا يعتبر حمض دهني أساسي Essential fatty acid بالنسبة للإنسان حيث لا يستطيع الإنسان تخليقه ولا بد من الحصول عليه من الغذاء .

$$CH_3 - (CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$$

Cis, Cis-9- Octaddecenoic acid (Linoleic acid) 18:2 (n-6)

٢- حمض الجاما لينولينك γ-Linolenic acid: وهذا الحمض نادر الوجود في الأنسجة الحيوانية حيث لا تتعدي نسبة وجوده بها ١% ، حيث يتحول سريعا من خلال عمليات التمثيل الغذائي إلي الأحماض الدهنية الأعلي منه من عائلة الأوميجا ٦ مثل حمض الأراشيدونك ، ويتواجد في بذور القليل من البذور النباتية مثل نبات زهرة الربيع Evening primrose والبوراج Borage ، حيث يمثل الجامالينولينك حوالي ١٠% من اجمال الأحماض الدهنية لزيت بذور زهرة الربيع .

$$\mathbf{CH_3 - (CH2)_4 - CH = CH - CH2 - CH = CH - CH2 - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH}$$

6-*Cis*,9-*cis*,12-*cis*-octadecatrienoic (γ-Linolenic acid) 18:3 (n-6)

ويستخدم هذا الحمض في بعض المجالات الطبية والبيطرية.
٣- حمض الداي هوموجامالينولينك Dihomo-γ-linolenic acid: ويعتبر هذا الحمض وسيط خلال عمليات التمثيل الغذائي حيث يعتبر من بوادىء تكوين حمض الأراشيدونك حيث يتحول سريعا داخل الأنسجة الحيوانية إلي حمض الأراشيدونك وهو لا يتواجد بصورة كبيرة في الدهون الحيوانية حيث لا تتعدي نسبته حوالي ١ – ٢% من الأحماض الدهنية في الفوسفوليبيدات.

$$\mathbf{CH_3 -(CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH -(CH_2)_6-COOH}$$

8-*Cis*,11-*cis*,14-*cis*-Eicosatrienoic (Dihomo-γ-linolenic acid) 20:3 (n-6)

٤- حمض الأراشيدونك Arachidonic acid: يعتبر الحمض الأهم من نواتج التمثيل الغذائي لحمض اللينوليك في عائلة الأوميجا ٦ في الأنسجة الحيوانية سواء من الناحية الوظيفية أو الكمية علي حد سواء. حيث يمثل الحمض الدهني عديد عدم التشبع الأعلي من حيث نسبة التواجد في الفوسفوليبيدات في الدهون الحيوانية ، فهو يمثل وحده حوالي ٤٠% من الأحماض الدهنية في الفوسفاتيديل انوسيتول Phosphatidylinositol ، كما يلعب دورا حيويا في الخصائص الطبيعية والتنظيمية للأغشية الخلوية.

$$\mathbf{CH_3 -(CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH -CH_2 - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH}$$

5-*Cis*,8-*cis*,11-*cis*,14-*cis*-eicosatetraenoic (Arachidonic acid) 20:4 (n-6)

ومعظم عائلات الإيكوزانويدات **Eicosanoides** يعتبر هذا الحمض هو البادىء الأساسي لتكوينها، ويتواجد في زيوت الأسماك ، ويعتبر طحلب *Mortierella alpina* هو المصدر التجاري للحصول علي هذا الحمض من خلال عمليات التخمر.

ب- عائلة الأوميجا ٣ Omega 3 (n-3) family:

١- حمض الألفا لينولينك α-Linolenic acid: ينتشر في المملكة النباتية وكذلك في بعض الطحالب ، حيث يمثل أكثر من ٦٥% من إجماي الأحماض الدهنية لزيت الكتان ، كما يمثل حوال ٧% من الأحماض الدهنية لزيوت الخردل والصويا ، ويتواجد بنسب بسيطة في الأنسجة الحيوانية .

$$CH_3 - CH2 - CH = CH - CH2 - CH = CH - CH2 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$$

9-*Cis*, 12-*cis*, 15-*cis*-octadecatrienoic (α-Linolenic acid) 18:3(n-3)

ويعتبر هذا الحمض الدهني البادىء الأساسي لتخليق باقي أفراد عائلة الأوميجا ٣ في النباتات والحيوانات خلال عمليات التخليق الحيوي بمساعدة إنزيمات Elongase and Desaturase ، ولهذا يعتبر حمض دهني أساسي Essential fatty acid بالنسبة للإنسان حيث لا يستطيع الإنسان تخليقه ولا بد من الحصول عليه من الغذاء .

٢- حمض الأستياريدونيك Stearidonic acid: حمض دهني عديد عدم التشبع يحتوي علي أربع روابط زوجية ، ويتواجد في زيوت الأسماك كما يتواجد في الطحالب البحرية ، في حين يتواجد بنسب ضئيلة في الزيوت النباتية.

$$CH_3 - CH2 - CH = CH - CH2 - CH = CH - CH2 - CH = CH - CH - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH$$

6-Cis, 9-cis, 12-cis, 15-cis-octadecatetraenoic (Stearidonic acid) 18:4(n-3)

٣- الأيكوزابنتانويك Eicosapentaenoic acid (EPA): يعتبر أحد أهم أفراد عائلة الأوميجا ٣ ، وهو ينتشر بكثرة في الطحالب وزيوت الأسماك ، ولا يتواجد في الزيوت النباتية .

ويعتبر من أهم مكونات الفوسفوليبيدات في الأنسجة الحيوانية وخاصة خلايا المخ ، كما أنه البادىء الرئيسي لتكوين البروستجلاندينات من عائلة PG3 ، بالإضافة لذلك فهو يلعب دورا هاما في مقاومة مرض الشيزوفرينيا Schizophrenia.

$$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH \quad (CH_2)_3 - COOH$$

5-Cis,8-cis,11-cis,14-cis,17-cis-eicosapentaenoic acid (EPA) 20:5(n-3)

٤- الدوكاساهيكسانويك Docosahexaenoic acid (DHA): يعتبر الناتج النهائي من عمليات التمثيل الغذائي التي تتم لحمض الألفالينولينك في الأنسجة الحيوانية ، ويعتبر المكون الأساسي لزيوت الأسماك وخاصة أسماك التونة ، كما يتواجد بكثرة في الفوسفوليبدات في الأنسجة الحيوانية المختلفة ، ويتواجد هذا الحمض بكثرة في الكائنات البحرية ، في حين لا يتواجد في الزيوت النباتية من الأساس.

$$CH_3 - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH - CH = CH - (CH_2)_2 - COOH$$

4-Cis,7-cis,10-cis,13-cis,16-cis,19-cis-docosahexaenoic acid (DHA) 22:6(n-3)

وتظهر العديد من الدراسات الأهمية البالغة لهذا الحمض الدهني في الوقاية من أمراض السرطان وأمراض المخ ، كما له أدورا هامة في الوقاية من أمراض القلب وتصلب الشرايين.

دور الأوميجا ٣ في تخفيض دهنيات الدم:

في الوجبات المرتفعة الدهون يزيد تركيز الأحماض الدهنية الحرة في البلازما مما يؤدي إلي زيادة تخليق الفوسفوليبيدات واسترات الكولسترول.

ويظهر هنا دور الأحماض الدهنية من نوع الأوميجا ٣ ، وقد أثبتت العديد من الأبحاث العلمية كيفية عمل الأحماض الدهنية من نوع الأوميجا ٣ وخاصة الحمض الرئيسي في هذه العائلة وهو حمض اللينولينك وفيما يلي اهم النقاط التي توضح كيفية عمل الأوميجا ٣ في خفض دهون الدم نتيجة لتناول وجبات مرتفعة الدهون:

١- يزيد ALA من إفراز الكولسترول في الصفراء ويزيد من تحطيم الكولسترول.

٢- يعمل ALA علي تثبيط تراكم الدهون في الكبد عن طريق تنظيم عملية beta-oxidation وتثبيط تخليق الأحماض الدهنية.

٣- زيت الكتان يتبط انزيمات الليبوجينك كما يخفض الأحماض الدهنية الحرة والفوسفوليبيدات.

٤- يعمل ALA علي اختزال تخليق الكبد للأحماض الدهنية مما يخفض من تركيز الجلسريدات الثلاثية في الكبد.

٥- يخفض ALA من مستوي الجلسريدات الثلاثية في الفئران المغذاة علي دهون عالية عن طريق زيادة نشاط انزيم ليبوبروتين ليبيز.

جدول رقم (١٧) :

Sources of Omega Fatty Acids

Omega-6	
Linoleic acid	Vegetable oils (corn, sunflower, safflower, soybean, cottonseed), poultry fat, nuts, seeds
Arachidonic acid	Meats, poultry, eggs (or can be made from linoleic acid)
Omega-3	
Linolenic acid	Oils (flaxseed, canola, walnut, wheat germ, soybean) Nuts and seeds (butternuts, flaxseeds, walnuts, soybean kernels) Vegetables (soybeans)
EPA and DHA	Human milk Pacific oysters and fish[a] (mackerel, salmon, bluefish, mullet, sablefish, menhaden, anchovy, herring, lake trout, sardines, tuna) (or can be made from linolenic acid)

[a] All fish contain some EPA and DHA; the amounts vary among species and within a species depending on such factors as diet, season, and environment. The fish listed here except tuna provide at least 1 gram of omega-3 fatty acids in 100 grams of fish (3.5 ounces). Tuna provides fewer omega-3 fatty acids, but because it is commonly consumed, its contribution can be significant.

أهمية التغذية على البيض من نوعية اوميجا-٣ :

١. وجد ان كل بيضة من هذا النوع تمد الجسم بحوالى ٤٠% من احتياجات الجسم من اوميجا-٣ ٠
٢. اوميجا-٣ مفيد للأطفال والاجنة والحوامل وقد وجد ان تناول الحوامل لهذا البيض يزيد من نسبة اوميجا فى اللبن الذى له فوائد صحيه ، كما انه مفيد فى نمو خلايا المخ للأجنة خاصة فى الشهور الستة الأولى ٠
٣. تحتوى البيضة الواحدة على ضعف محتوى البيضة العادية من مادة اوميجا-٣ ٠
٤. هذا البيض مفيد لمرضى الكوليسترول وتصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم والنقرس والربو كما انه يقلل من فرصة التعرض لبعض سرطانات الجلد ٠
٥. وقد وجد انه من المفيد تناول متوسط ٢ بيضة يومياً من هذا النوع عكس البيض العادى الذى لاينصح بتناول اكثر من ٤ بيضات اسبوعياً وقد وجد ان هذا البيض يزيد نسبة الكوليسترول المفيد٠

ج- عائلة الأوميجا ٩ Omega 9 (n-9) family:

حمض ميدز Mead's acid: يعتبر ناتج من عمليات الإطالة elongation واضافة روابط زوجية desaturation لحمض الأوليك داخل الأنسجة الحيوانية ، ويحدث تراكم لهذا الحمض عند الأشخاص الذين لديهم نقص في الأحماض الدهنية الأساسية ، ويعتبر قياس مستوي هذا الحمض من المؤشرات الهامة التي تدل علي نقص الأحماض الدهنية الأساسية من عائلتي الأوميجا ٦ والأوميجا ٣ .

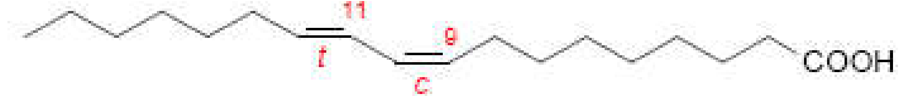
$$CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_3 - COOH$$

5-Cis,8-cis,11-cis-eicosatrienoic acid (Mead's acid) 20:3(n-9)

٤-أحماض دهنية مستقيمة السلسلة عديدة عدم التشبع متبادلة Straight chain – conjugated double bonds:

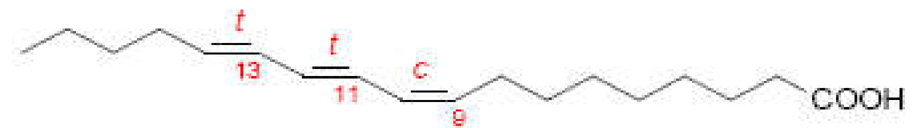
أثبتت العديد من الدراسات الحديثة الأهمية الحيوية للأحماض الدهنية عديدة عدم التشبع المتبادلة (الروابط الزوجية في وضع متبادلة) في مقاومة أمراض مختلفة مثل السرطان وأمراض القلب وتصلب الشرايين بالإضافة لفائدتها في علاج السمنة.

وتتواجد الأحماض الدهنية من هذا النوع في الحيوانات المجترة وبالتالي يتواجد في لحومها وألبانها ، وهي تتكون كمركب وسطي أو كمنتج ثانوي من عمليات الهدرجة الحيوية التي تحدث لحمض اللينوليك بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة في كرش المجترات.
ويعتبر حمض اللينوليك المتبادل Conjugated linoleic acid (CLA) هو الفرد الأهم في هذه العائلة ويتواجد له العديد من المشابهات الهندسية التي تختلف عن بعضها في وضع الروابط الزوجية هل هي من النوع cis أم من النوع trans .
١- 9-Cis,11-trans-octadecadienoic acid: يتواجد هذا المشابه في دهن اللبن حيث يمثل ١% من إجمالي الأحماض الدهنية الموجودة في دهن اللبن ، وبالتالي يتواجد هذا الحمض الدهني في اللبن ومنتجات الألبان المختلفة.



9-*Cis*,11-*trans*-octadecadienoic acid

٢- حمض الألفاأليوستياريك α-eleostearic acid: ويحتوي هذا الحمض الدهني علي ثلاثة روابط زوجية و١٨ ذرة كربون ويتواجد في المصادر النباتية حيث يعتبر زيت التانج Tung oil هو المصدر التجاري لهذا الحمض الدهني .



9-*Cis*,11-*trans*,13-*trans*-octadecatrienoic (α-eleostearic acid)

٥- أحماض دهنية متفرعة Branched fatty acids

وهى عبارة عن أحماض دهنية ذات تركيب متفرع ومنها نوعان Iso series وهى تحتوى على مجوعة ميثايل على ذرة الكربون المجاورة لمجموعة الميثايل الطرفية و Ante-Iso series
وهذه تحتوى على مجموعة ميثايل على مجموعة الايثايل الطرفية.

HOOC ... CH_2–CH(CH_3)–CH_3 (iso-)

HOOC ... CH(CH_3)–CH_2–CH_3 (anteiso-)

وتتنوع الأحماض الدهنية التي تقع تحت هذا القسم حيث يتراوح عدد ذرات الكربون لهذه الأحماض من ١٠ – ٣٠ ذرة كربون ، ومعظمها يحتوي علي ١٤ – ١٨ ذرة كربون فقط .
ويعتبر هذا النوع من الأحماض الدهنية من المكونات الهامة في البكتريا ، ونادرا ما يتواجد في باقي الكائنات الدقيقة ، ويتواجد أيضا في الأنسجة الحيوانية وخاصة المجترات والكائنات البحرية ، كما أنه من الممكن تخليقه في الأنسجة الحيوانية .
وفي البكتريا تمثل أهمية بالغة لأنها تستخدم كأحد الصفات التقسيمية ، فمثلا في جنس Bacilli نجد ان هناك بعض الأنواع تحتوي فقط علي الأحماض الدهنية المتفرعة من النوع Iso في حين تحتوي أنواع أخري فقط علي النوع Ante-Iso .
ومن أمثلة هذا القسم Tuberculostearic acid والاسم العلمي لهذا الحمض هو 10- Methyl-octadecanoic acid، وهو حمض دهني متفرع يحتوي علي ١٨ ذرة كربون وهو يمثل النسبة الأعظم من مجموع الأحماض الدهنية الموجودة في دهون بكتريا *Tubercle bacillus* والأنواع البكترية الأخري المشابهة لها. ويمكن عزل هذه اليكتريا في مزارع من مرضي

السل الذي يتسبب هذا الميكروب فيه. كما يتواجد هذا الحمض الدهني في بعض أنواع البكتريا من جنس *Corynebacterium*.

HOOC

tuberculostearic acid

٦- أحماض دهنية ذات تركيب حلقي Cyclic fatty acids:

تتواجد الأحماض الدهنية الحلقية في المملكة النباتية وخاصة في البذور الزيتية ، في حين أنها نادرة الوجود في المملكة الحيوانية ، والأحماض التي تحتوي علي حلقة بروبان تتواجد في الكائنات البحرية حيث يمكن للحيوان تخليق بعضها في حين تقوم بعض البكتريا بتخليق بعض أنواعها الأخري. كما يمكن ان تتكون بعض الأحماض الحلقية أثناء عمليات القلي والتحمير التي تجري للزيوت النباتية.

حمض اللاكتوباسيلك Lactobacillic acid وهو أول حمض دهني حلقي تم فصله من فوسفوليبيدات بكتريا *Lactobacillus arabinosus* ويعتبر الحمض الدهني الرئيسي في هذا النوع من البكتريا.



***Cis*-11,12-Methylene-octadecanoic (Lactobacillic acid)**

حمض 11-Cyclohexylundecanoic وهو أول حمض دهني حلقي أمكن فصله من الزبد الحيواني ، ولكنه فعليا ينتج بواسطة البكتريا التي توجد في كرش الحيوانات المجترة وينتقل بدوره بعد ذلك للحيوان المجتر مما يفسر وجوده في منتجات ألبان هذه الحيوانات المجترة.

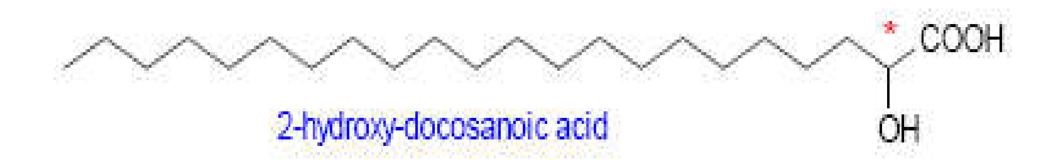
COOH

11-Cyclohexylundecanoic

٧- أحماض دهني هيدروكسيلية Hydroxy fatty acids:

تمثل الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية مكونا هاما من مكونات السفنجوليبيدات Sphingolipids في الحيوانات. ويتراوح طول السلسلة الكربونية في هذا القسم من الأحماض الدهنية من ١٦ – ٢٦ ذرة كربون وهي في الغالب تكون أحماض مشبعة ، كما يوجد منها أحماض أحادية عدم التشبع (تحتوي رابطة زوجية واحدة). ويحتوي السفنجوميليين Sphingomyelin علي أحماض دهنية هيدروكسيلية تحتوي مجموعة هيدروكسيل علي ذرة الكربون رقم ٢ ، وهي أحماض طويلة السلسلة وعديدة عدم التشبع (تحتوي علي أكثر من رابطة زوجية) وينتشر هذا النوع من الأحماض في خلايا الخصية في الثدييات.

ومجموعة الهيدروكسيل تعمل علي زيادة القدرة علي تكوين روابط هيدروجينية في السفنجوليبيدات Sphingolipids ، مما يساعد علي ثبات تركيب الأغشية ويزيد من قوة التفاعل مع البروتين بالأغشية الخلوية.



أما بالنسبة للملكة النباتية فتنتشر فيها الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية أيضا في السفنجوليبيدات النباتية Sphingolipids ، وتتواجد الأحماض الدهنية الهيدروكسيلية التي تحتوي علي هيدروكسيل علي ذرة الكربون رقم ٢ في زيت البذرو النياتية حيث يحتوي زيت الزعتر علي بعض هذه الأحماض الهيدروكسيلية.

حمض الريسينوليك Ricinoleic acid: وهو حمض دهني هام يمثل حوالي ٩٠% من إجمالي الأحماض الدهنية لزيت الخروع كما يعتبر مكون هاما أيضا لبعض أنواع الفطريات ، وهو يتواجد في صورة مرتبطة برابطة استر حيث يوجد في صورة جلسريدات ثلاثية.
ويم التخليق الحيوي لهذا الحمض داخل النبات عن طريق نشاط انزيم Oleate 12- hydroxylase الذي يعمل علي إضافة مجموعة هيدروكسيل علي ذرة الكربون رقم ١٢ لحمض الأوليك.

12-Hydroxy-octadec-*cis*-9- enoic acid (Ricinoleic acid)

٨- أحماض دهنية إيبوكسية وفيورانيدية Epoxy and Furanoid fatty acids:
توجد أحماض دهنية تحتوى على حلقة ابيوكسي (Epoxy ring) مثل حمض الفيرنوليك Vernolic acid وهذا يتكون عند تخزين بعض البذور الزيتية لفترات طويلة تحت ظروف غير مناسبة.
ويعتبر هذا الحمض ناتج من التمثيل الحيوي لحمض اللينوليك ، كما يعتبر حمض الفيرنوليك هو مصدر الأحماض الدهنية الأقل في عدد ذرات الكربون في البكتريا والخلايا الحيوانية المختلفة.

***Cis*-12, 13-epoxy-octadec-*cis*- 9-enoic (Vernolic acid)**

أما الأحماض الفيورانيدية فهي توجد بنسب قليلة جدا ولكنها منتشرة في كل المملكة النباتية ، ولقد تم اكتشاف بعض أنواع هذه المجموعة بنسب بسيطة في الأسماك ، كما تتواجد في المنتجات الحيوانية بالإضافة لوجودها في بلازما دم الإنسان ، والشكل التالي يوضح الرمز البنائي الأساسي لهذه العائلة:

Furanoid fatty acids

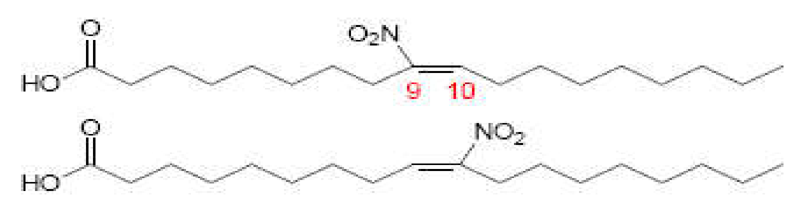
٩- أحماض دهنية ميثوكسية وكيتونية Methoxy and Keto fatty acids:
أ- الأحماض الميثوكسية Methoxy fatty acids:
يعتبر هذا النوع من الأحماض الدهنية قليل الإنتشار في الطبيعة ، ولقد أمكن فصل بعض الأحماض من هذه العائلة من الإسفنجيات Sponges وخاصة اسفنجيات البحر الكاريبي.
ومعظم أفراد هذه العائلة توجد بها مجموعة الميثوكسي علي ذرة الكربون رقم ٢ ، كما يوجد من هذه العائلة أحماض مشبعة وأحادية وعديدة عدم التشبع ومعظمها طويل السلسة الكربونية ، كما امكن فصل بعض الأحماض متوسطة السلسة والتي تحتوي مجموعة ميثوكسي من بعض الطحالب البحرية ، كما تتواجد هذه الأحماض في الطحالب والفطريات والبكتريا.
وتتميز هذه الأحماض بأن لها خصائص دوائية مما يجعلها تلعب دورا هاما كمضادات للبكتريا وكمضادات للفطريات وكمضادات للفيروسات كما أن لها نشاط مضاد للسرطان.

7-Methoxy, 9-methyl-hexadeca-4*t*, 8t-dienoic acid
ب- الأحماض الكيتونية Keto fatty acids:

يعتبر هذا النوع من الأحماض الدهنية من النواتج الهامة لأكسدة الأحماض الدهنية ، ولكن وجوده في الطبيعة يعتبر نادر نسبيا.
وتوجد بعض هذه الاحماض الدهنية في بعض الزيوت النباتية ومن أمثلة هذه العائلة من الأحماض الدهنية حمض -4 Keto-α-eleostearic الذي يمثل حوالي ٦٠% من إجمالي الأحماض الدهنية من نبات *Licania rigida*.

4-keto-9-*cis*,11-*trans*,13-*trans*-octadecatrienoic acid (α-licanic acid)

١٠- الأحماض الدهنية من النوع النيترو Nitro fatty acids:
تم الكشف عن وجود هذا النوع من الأحماض الدهنية لأول مرة في عام ١٩٩٩ حيث تم نشر اول بحث يكشف عن وجود هذا النوع من الأحماض الدهنية في الفوسفوليبيدات الموجودة في الأغشية الخلوية في الإنسان ، كما تم التعرف عليها معمليا حيث وجد انها تتكون كناتج لأكسدة الليبيدات بسبب تلوث الهواء.
وعن طريق التحليل الكيميائي بالطرق الكروماتوجرافية المتقدمة تم الكشف عن مشتقات نيترو لأحماض البالميتو أوليك Palmitooleic والأوليك Oleic واللينوليك Linoleic واللينولينك Linolenic والأراشيدونك Arachidonic والإيكوزابنتانويك Eicosapentaenoic في بلازما وبول الإنسان.



9- and 10-nitro-9-*cis*-octadecenoic acids

الايكوزانويدات Eicosanoides
وهي عبارة عن مشتقات للاحماض اللدهنية عالية عدم التشبع مثل حمض الارشيدونيك ولها وظائف فسيولوجية هامة وتنتج بواسطة معظم خلايا الثدييات ومن انواعها مركبات البروستاجلاندينات Prostaglandins ومشتقاتها مثل مركبات البروستاسيكلينات Prostacyclins والثرومبوكسانات Thromboxanes والليكوترايينات Leucotrienes وكل المركبات السابقة تعرف باسم الايكوزايوندات لاحتوائها على ٢٠ ذرة كربون. والبروستاجلاندينات عزلت من انسجة غدة البروستاتا ومن هذا اشتق اسمها ووجدت ايضاً فى بلازما الحيوانات المنوية ولها وظائف هرمونية وتعتبر جميع البروتاجلاندينات مشابهة لحمض البروستانويك Prostanoic acid ، ويرمز لمركبات البروستاجلاندينات بالرمز PG مع تميزها بحرف كبير يدل على نوع الحلقة.

prostaglandin (PGE_2)

leukotriene (LTC_4)

thromboxane (TXA_2)

5S-hydroxy-eicosatetraenoic acid (5-HETE)

lipoxin (LXA_4)

الوظائف الفسيولوجية للايكوزانويدات :

تقوم البروستاجلاندينات بتأثيرات فسيولوجية من اهمها المشاركة فى :

١- تحفيز عملية الطلق اثناء الولادة

٢- حفض ضغط الدم

٣- انقباض العضلات وانبساطها

ولكن مركبات الثرمبوكسانات لها تأثيرات معاكسة للدورة الدموية فهى تسبب الجلطة الدموية ، بينما تقوم البروستاسيكلينات بتوسيع الاوعية الدموية وايضاً تعمل الليكوترابنتات كمركبات كيميائية منشطة لنظم الدفاع ضد الميكروبات داخل الجسم .
وتوضح المعادلات التالية التخليق الحيوي لأهم مركبات الإيكوزانويدات

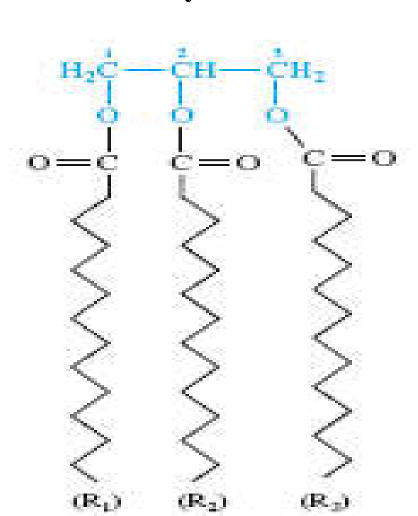
Synthesis of Eicosanoids

الجلسريدات Glycerides

هى عبارة عن استرات ما بين الاحماض الدهنية وكحول الجليسرول ويمكن ان تحدث الاسترة لمجموعة هيدروكسيل واحدة لجزئ الجليسرول فيكون جليسريد احادى Monoglyceride او مجموعتين هيدروكسيل فيعطى جليسريد ثنائى Diglyceride وتواجد الجليسريدات الاحادية والثنائية فى الانسجة الحية قليل جداً لانها عادة ما تتواجد كمركبات وسيطة اثناء تخليق الجليسريدات الثلاثية.



Glycerol



Triglycerides

وتعتبر الجليسريدات الثلاثية المكون الاساسى لدهون وزيوت الكائنات الحية وتشكل حوالى ٩٠% من الليبيدات الموجودة فى الدهون الحيوانية مثل الزبد ودهون الابقار والخنازير والدواجن والزيوت النباتية بأنواعها المختلفة.

طريقة تسمية الجليسريدات الثلاثية :

توجد طريقتين لتسمية الجليسريدات الثلاثية وهما :

١ – **الطريقة القديمة وتسمى طريقة α , B - nomenclature**

وفيها يشار الى الاماكن ١ ، ٢ ، ٣ على جزئ الجليسرول بالأحرف B ، α ` α ، مع حذف نهاية اسم الحمض الدهنى (ic) ويستبدل بـ (O) فى الاوضاع α , B ويستبدل ب in للحمض الدهنى الذى يشغل الموضع α`

مثال:

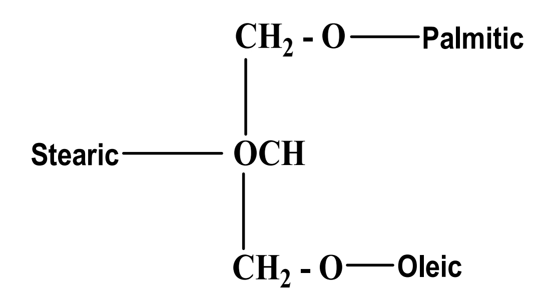
CH_2 - O —— Palmitic
|
Stearic —— OCH
|
CH_2 - O —— Oleic

α-Palmito, β-Stearo, ά-Olein

الطريقة الحديثة تسمى بطريقة Stereochemical numbering nomenclature

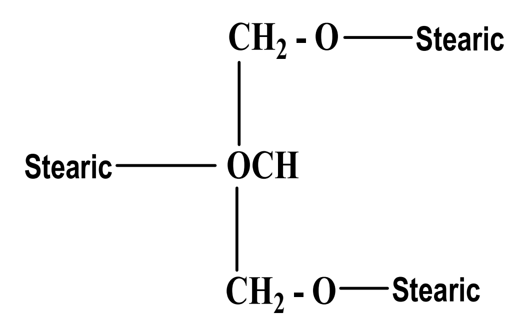
وفيها تستخدم الارقام ١ ، ٢ ، ٣ للدلالة على مواضع مجاميع الاسيل على جزئ الجليسرول ويستبدل نهاية اسم الحمض الدهنى فى الثلاثة اماكن بحذف المقطع (IC) ويستبدل بالمقطع (oyl) مع وضع (Sn) فى نهاية الاسم بالاضافة الى كلمة جليسرول.

مثال:



1 – Palmitoyl – 2 Oleoyl – 3 – Stearoyl – Sn – glycerol

ام الجليسريد الثلاثى البسيط يسمى بطريقة سريعة كالآتى :

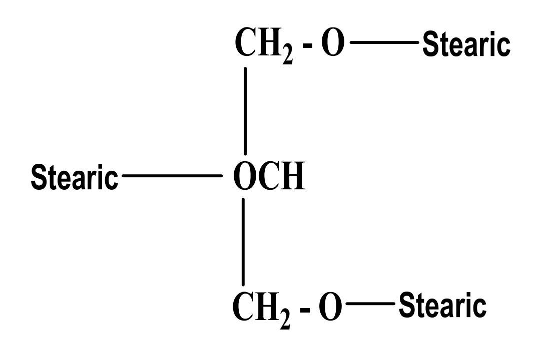


Tristearin او ثلاثى الاستيارين

وتقسم الجليسريدات الثلاثية من حيث محتواها من الاحماض الدهنية الى ثلاث اقسام :

١ – جليسريدات بسيطة Simple glycerides

وهى عبارة عن جلسريدات ثلاثية يدخل فى تركيبها نوع واحد فقط من الاحماض الدهنية مثل ثلاثى الاستيارين او ثلاثى البالمتين كما فى المثال التالى :

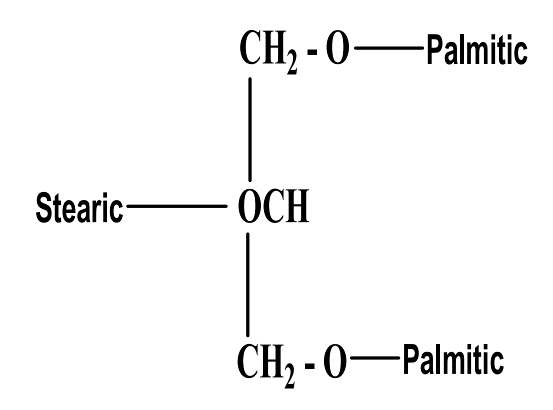


الرمز الكيميائى لجلسريد ثلاثة بسيط (ثلاثى استيارين)

٢ – جلسريدات ثلاثية تحتوى على نوعين مختلفين من الاحماض الدهنية :

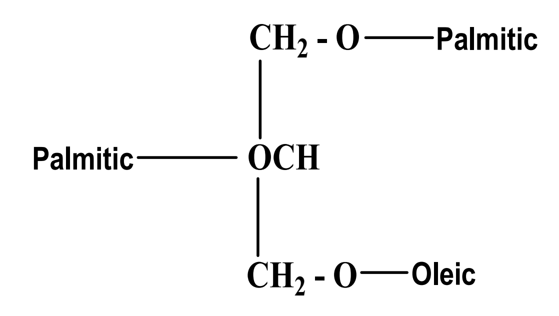
وتتقسم الى جليسريدات متناسقة حيث الحمض الدهنى فى الاماكن ١ ، ٣ متشابهين بعكس الجليسريدات الغير متناسقة فانها تحتوى على احماض دهنية مختلفة فى الاماكن ١ ، ٣ .

أ) جليسريد ثلاثى متناسق



1,3 dipalmitoyl – 2 – Stearoyl – Sn – glycerol

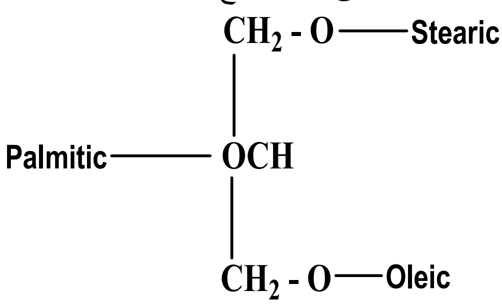
ب) جليسريد ثلاثى غير متناسق



1,2 dipalmitoyl – 3 – Oleoyl – Sn – glycerol

٣- جليسريدات مختلطة Mixed glycerides

وهى عبارة عن جليسريدات ثلاثية تحتوى على ثلاثة انواع مختلفة من الاحماض الدهنية مثل :



1-Stearoyl -2-Palmitoyl -3-Oleoyl –Sn- glycerol

مشابهات الجليسريدات الثلاثية Triglyceides Isomers

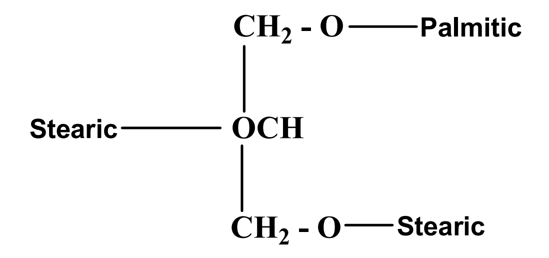
يمكن حساب عدد المشابهات الوضعية التى تتكون من اتحاد انواع مختلفة من الاحماض الدهنية مع الجليسرول من القانون التالى:

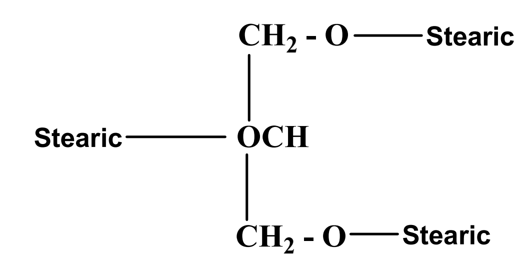
No. of position isomers = 0.5 $(n^3 + n^2)$

حيث ان **n** هى انواع الاحماض الدهنية الداخلة فى تركيب الجليسريد وليس عددها فمثلاً فى حالة الجليسريد الثلاثى المحتوى على نوعين مختلفين من الاحماض الدهنية يكون عدد مشابهاته الوضعية كالآتى :

= ١ / ٢ ($٢^{٣}$ + $٢^{٢}$) = ٦ مشابهات

وهم ناتجين من تبادل اماكن الاحماض الدهنية على جزئ الجليسرول ويمكن توضحها كالآتى فى حالة الجليسريد الثلاثى المحتوى على حمض البالميتك والاستياريك فقط .





$$
\begin{array}{l}
\qquad\qquad\qquad CH_2 - O \text{ —— Stearic} \\
\qquad\qquad\qquad | \\
\text{Stearic —— } OCH \\
\qquad\qquad\qquad | \\
\qquad\qquad\qquad CH_2 - O \text{ —— Palmitic}
\end{array}
$$

الكوليستيرول Cholesterol

عبارة عن مادة عضوية شمعية بيضاء اللون تتبع الاستيرولات الحيوانية في تركيبها وتنتمي إلي شبيهات الدهون ، وبالتالي فهي لاتذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية المختلفة مثل (الإيثير – الكلورفورم – البنزين).
ينتشر الكولسترول في لحوم الحيوانات ولحوم الطيور الداجنة والأسماك والألبان ومنتجاتها وفي جلد الطيور وصفار البيض ، حيث حيث يحتوي صفار البيض والكبد علي نسب عالية جدا من الكولسترول ، وبالرغم من ذلك فإن الكولسترول غير متوفر في الأغذية النباتية. وزيادة مستوي الكولسترول تؤدي للإصابة بأمراض القلب وتصلب الشرايين ، لذا ينصح بألا تزيد معدلات الكولسترول اليومية عن ٣٠٠ ملجم في اليوم الواحد للشخص البالغ.
ومعظم الكولسترول الموجود في دم الإنسان مصدره الكبد حيث يقوم الكبد بتخليق وافراز ٧٠٠ ملجم كولسترول يوميا بينما يمثل الكولسترول المتناول من الغذاء حوالي ٢٢٥ ملجم تقريبا، ولذلك يقوم الكبد بتنظيم مستوي الكولسترول في الدم فعند نقص كولسترول الغذاء يقوم الكبد بزيادة انتاجه من الكولسترول ويحدث العكس عند زيادة مستويات الكولسترول في الغذاء ، ولكن عن زيادة الكولسترول عن مستويات محددة لا يمكن للكبد التحكم فيه مما يؤدي لزيادة مستوي الكولسترول في الدم ويمر في تيار الدم إلي الشرايين.
ويمر الكولسترول في تيار الدم محمولا علي بروتين مرتبط به حيث يكون معقد الروتين مع الليبيدات وتعتبر الليبوبروتينات العالية الكثافة High density lipoproteins (HDL) هي الناقل الرئيسي للكولسترول الزائد من الكبد وإخراجه عن طريق أملاح الصفراء ، وبالتالي يمثل هذا النوع من الليبوبروتينات حميد حيث له أثر جيد في التخلص من الكولسترول الزائد ، في حين يوجد ليبوبروتين أخر هام وهو الليبوبروتين المنخفض الكثافة Low density lipoproteins (LDL) ويقوم هذا الناقل بنقل الكولسترول من الكبد إلي خلايا الجسم المختلفة. ولقد أثبتت البحوث العلمية أن النسبة بين HDL/LDL هي المحددة لنسبة المخاطر المحتملة من زيادة مستوي الكولسترول في الدم وحدوث امراض القلب وتصلب الشرايين ، حيث أن زيادة هذه النسبة تقلل من مخاطر الإصابة بتصلب الشرايين والعكس صحيح. الكمية المأكولة من الكوليسترول (موصى) اقل من ٣٠٠ ملليجرام/اليوم.

الأهمية الحيوية للكوليسترول

١- يمثل وسيلة نقل الأحماض الدهنية خلال تيار الدم ويشترك مع الليسيثين ، ولذا ترتفع كمية الكولسترول أو تنخفض في الدم تبعا لكمية الأحماض الدهنية الموجودة في الغذاء.
٢- يساعد في حفظ توازن الماء في الخلايا وتحدد النسبة بين الكولسترول والأحماض الدهنية كمية الماء الموجودة داخل الخلايا.
٣- يساعد علي أكسدة الفوسفوليبيدات Phospholipids ولذا فعضلة القلب (التي تقوم بأقوي مجهود بين عضلات الجسم) تحتوي كميات أكبر من الليسيثين والكولسترول مقارنة بباقي عضلات الجسم.
٤- يحمي الدم من بعض السموم مثل مركبات الصابونين Saponins والتي تعمل علي تحلل كرات الدم الحمراء Haemolysis حيث يعمل الكولسترول علي وقف تحلل كرات الدم الحمراء.
٥- يمنع املاح الصفراء من إذابة كرات الدم الحمراء ، كما يوقف تأثير انزيم الليبيز المحلل للدهون.
٦- يدخل في تكوين أغشية الخلايا ويتواجد في جميع الأنسجة الحيوانية وخاصة الأعصاب حيث يقوم بتنظيم نقل الأحماض الدهنية في الأنسجة.
٧- يتأكسد الكولسترول في كل من الكبد والأمعاء ليكون مركب 7-Dihydroxycholesterol الذي يتحول بدوره إلي فيتامين D3 تحت الجلد عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية.
٨- يشارك في تخليق الهرمونات الأستيرولية مثل الاستروجين والبروجسترون والتستيسترون والتي يتم افرازها من الغدد الجنسية ، كما يشارك في تخليق هرمونات الألدستيرون والكورتيكوسترون والكورتيزون والتي تفرز من الغدة الكظرية.
٩- يلعب دورا هاما في الحفاظ علي نمو الأجنة وتطورها في الطيور حيث أن انخفاض مستوي الكولسترول يؤدي إلي انخفاض نسبة الفقس في البيض.

ويوضح الجدول (١٨) : نسبة تواجد الكولسترول في بعض الأطعمة المختلفة:

الغذاء	نسبة الكولسترول بالملجم
كبد البقر المطبوخ	٣٣١ ملجم/٩٣ جرام
صفار البيض	٢١٣ ملجم/بيضة
لحم البقر أو الدجاج المطهي	٧٥ ملجم/٩٣ جرام
لبن كامل الدسم	٣٣ ملجم/كوب
لبن منزوع الدسم	٤ ملجم/كوب

نوع الغذاء	الكمية	كوليسترول (مللجم)
بيض	١	٢٢٠
كبد – كلية – مخ	١ OZ	١٢٠
جمبري	١ OZ	٤٥
لحم بقر – خنزير	١ OZ	٢٥
دواجن	١ OZ	٢٣
سمك	١ OZ	٢١

نوع الغذاء	الكمية	كوليسترول (مللجم)
ايس كريم	١ CUP	٨٥
اللبن الكامل	١ CUP	٢٧
اللبن ٢%	١ CUP	١٥
لبن فرز	١ CUP	٧
جبن كامل الدسم	١ tbsp	١٨
زبدة	١ tbsp	١٢

جدول رقم (١٩) : محتوي الأحماض الدهنية في الزيوت والدهون المختلفة

الزيت أو الدهون	I. Value	C 12 : 0	C 14 : 0	C 16 : 0	C 16 : 1	C 18 : 0	C 18 : 1	C 18 : 2	C 18 : 3
زيت جوز الهند	٨ – ١٠	٤٧.٤	١٨.٠	٨.٠	–	٢.٨	٥.٦	١.٦	–
زيت الذرة	١١٥–١٢٧	–	–	١٢.٠	–	٢.٧	٣٠.١	٥٤.٧	١.٤
زيت فول الصويا	١٣٠–١٣٨	–	–	١١.٥	–	٤.٣	٢٧.٣	٤٩.٧	٦.٩
دهن البقر	٣٥–٤٥	–	٣.٣	٢٦.٢	–	٢٢.٤	٤٥.٣	١.٦	٠.٥
الشحم الحيواني	٥٠–٦٥	–	١.٥	٢٥.٧	–	١٢.١	٤٩.٢	٩.٦	١.١
Poultry fat	٨٠	٠.٢	١.٤	٢١.٤	٦.٨	٥.٩	٣٩.٥	٢٣.٥	١.٠

ملاحظات :

١- ارتفاع I.Value فى كل من زيت الذرة وفول الصويا نتيجة احتوائهما على نسبة عالية من الاحماض الدهنية غير المشبعة بالمقارنة بالمصادر الأخري.

٢- ارتفاع نسبة الحمض الدهني C18:2 Lenoleic في الزيت وانخفاضة فى الدهون.

٣- ارتفاع نسبة الاحماض المشعبة فى الدهون واختفائها تقريباً في الزيوت، ومن أهم الاحماض المشبعة انتشاراً البالمتيك Palmitic.

الأحماض الدهنية الضرورية : Essential Fatty Acids

وهي الاحماض التى ثبت ان الجسم لا يمكنه تكوينها ، وبالتالي تأكد احتياجة اليها فسميت بالضرورية Essential، ويجب أن يكون الغذاء محتوياً عليها، او تضاف الى غذاء الحيوان. وقد أكدت الابحاث قدرة الحيوانات – المجترة وغير المجترة – علي تخليق الاحماض الدهنية فى الانسجة عدا الاحماض الدهنية التى تحتوى على اكثر من رابطة زوجية، ويشترط ان تكون هذه الروابط الزوجية على ذرات الكربون رقم ٦ ، ٩ من طرق مجموعة الميثايل CH_3- وهذا ينطبق علي أحماض Arachidonic, Lenolenic, Lenoleic بالنسبة للدواجن، اما بالنسبة للحيوان، فأهمها Arachidonic, Lenoleic، وما يؤكد قدرة الحيوانات على تخليق الاحماض الدهنية ما يحدث عند ترسيب الدهن فى الجسم عند تغذية هذه الحيوانات على مستويات مرتفعة من الكربوهيدرات والبروتين. ومما لاشك فيه أن تركيب الغذاء من الاحماض الدهنية له علاقة وثيقة بتركيب دهن الجسم من الاحماض الدهنية، خاصة فى الحيوانات غير المجترة والحيوانات المجترة الصغيرة والتي لم يكتمل نمو وتطور الكرش فيها، كما فى العجول الرضيعة، بينما تختلف الصورة فى الحيوانات المجترة ذوات المعدة المركبة والبيئة الميكروبية النشطة والتى تعمل على تخليق عديد من الاحماض الدهنية القصيرة السلسلة (من ٤ الى ١٠ ذرة كربون) والتي تظهر بكميات كبيرة من دهن اللبن. ولم يكن لها وجود اصلاً في دهن الغذاء.

وعموماً .. يجب ان يؤخذ فى الاعتبار ان محتوى الزيوت النباتية او الدهون الحيوانية من الاحماض الدهنية غير ثابت حيث يختلف باختلاف الزيت، او الدهن، ومكان تواجده، كما يختلف باختلاف تركيب دهن الغذاء الى حد ما.

أهمية الليبيدات فى التغذية:

تعتبر الليبيدات من المركبات الغذائية المهمة نظراً لارتفاع قيمتها الحرارية اذا ما قورنت بالمواد الكربوهيدراتية والبروتينات فهى تعطي عند الحرق حرارة تعادل ما تعطية المركبات الغذائية الأخري (٢.٢٥) مرة تقريباً لذلك فهى احد مصادر الطاقة المهمة للحيوانات، خاصة تلك التى تحتاج فى تغذيتها الى كميات كبيرة من الطاقة، مثل الدواجن، وعلى وجة الخصوص عند انتاج البداري او التسمين، وقد ثبت فى عديد من الدراسات الحديثة ان اضافة الدهن الى العلائق ادي الى زيادة معاملات هضم الدهون نفسها، بينما ادي الى انخفاض معاملات هضم المركبات الغذائية الأخري، خاصة الالياف الخام، ويرجع ذلك الى ان ارتفاع محتوى الدهون بالعلائق يزيد من سرعة مرور الغذاء فى القناة الهضمية، مما يقلل من تأثير الانزيمات الهاضمة عليها، كما يؤدى الى عمليات التخمر التى تحدث بالكرش او يقلل منها، مما ينتج عنه حدوث بعض الاضطرابات الهضمية.

وتختلف حيوانات المزرعة فى قدرتها على تحمل دهن الغذاء fat tolerance، فالعجول الرضيعة يمكن تغذيتها على لبن يحتوى على دهن يصل الى (٣٠%) من المادة الجافة، اما فى المجترات سواء كانت ماشية لحم، ام ماشية لبن، فإن محتوي اغذيتها يجب الا يتعدي (٥%)، وهو المعدل الذي يتوفر تقريباً من مواد العلف المكونة لأغذيتها، ونجحت بعض المحاولات لرفع الدهن الى (١٢%) في أغذية المجترات، اما غير المجترات فيمكنها تحمل نسبة اكبر من الدهن فى الغذاء عن المجترات، فالخنازير مثلاً يمكن تغذيتها على علائق تحتوي على (١٠%) دهناً، ولكن يجب ملاحظة ان زيادة الدهن فى علائق الدواجن عن المستوي المناسب يؤثر تأثيراً عكسياً على صحة الطيور، وذلك راجع الى صعوبة هضم الدهون، كما ان المواد الغذائية الغنية بالدهون تكون عرضة للتزنخ Rancidity عند تخزينها فى الجور الحار، والمعرض للرطوبة والهواء والضوء، وقد تصبح ضارة بالدواجن، خصوصاً وان زيادة التزنخ قد تتلف بعض الفيتامينات المهمة الذائبة فى الدهن مثل: A, D, E, K فضلاً عن الارتفاع النسبي لاسعار الدهون.

لهذا السبب كانت الكربوهيدرات هى المصدر الشائع للطاقة فى أغذية الدواجن، لانتشارها الكبير وعدم صعوبة هضمها ورخص اسعارها نسبياً، ويمكن اضافة الدهون بالقدر الذي يغطي حاجة الحيوان من الفيتامينات الذائبة فيها، والنسبة المناسبة من الدهن فى علائق الدواجن هى (٣-٥%). ويمكن زيادة هذه النسبة الى الضعف دون ضرر خاصة فى حالة رخص ثمن الدهن، او المتخلفات الدهنية غير الصالحة لغذاء الانسان، وفي هذه الحالة يتطلب الامر تلافي حدوث التزنخ بتخزين المواد الغذائية الغنية بالدهن بعيداً عن الضوء، وفي اماكن باردة مهواه مع خلطها ببعض المواد المضادة للأكسدة Antioxidant، والتي لا تسبب اي ضرر للإنسان، وحبذا لو كانت هذه المواد من مصادر طبيعية مثل زيت الزعتر Tyhme Oil وذلك لأنه ثبت حديثاً ان مصادات الأكسدة المخلقة كيميائياً مثل BHT, BHA ذات التركيب الفينولي العطري، لها تأثيراً ضاراً بصحة الانسان ، او Carcinogenic Materials، وينصح بعض الباحثين بأن تكون نسبة الدهن فى علف البداري من ٢-١١%، على ان يكون المجهود الفسيولوجى النافع لكل كيلو جرام من العلف ما بين ٢٦٠٠ الى ٣٢٠٠ كيلو كالوري، اما بالنسبة للدجاج البياض، فليس هناك دليل على احتياج هذا الدجاج الى مقادير كبيرة من الدهون الا بالقدر الذي يغطي احتياجاتها من الأحماض الدهنية الضرورية. وقد يحصل الحيوان او الطائر على الدهن من ثلاثة مصادر ، هى : الدهن ، والبروتين والكربوهيدرات فى الغذاء، وبمعني آخر فأن كلاً من الكربوهيدرات والبروتين بعد الهضم والامتصاص قد تتحول جزئياً الى دهون.

وبالنسبة للدواجن فإن الاحماض الدهنية الضرورية متوفرة فى مواد العلف المستخدمة فى علائق الدواجن حيث تكون الذرة الصفراء مكوناً اساسياً لعلائق الدواجن، وتحدث حالات نقص الاحماض الدهنية الضرورية عند استبدال الذرة بالشعير، ومن اعراض نقص تلك الاحماض الدهنية الضرورية بطء النمو ، وحدوث خلل فى ترسيب الدهون، وظهور حالة الكبد الدهني Fatty liver، وصغر حجم البيض، وانخفاض نسبة الاخصاب والفقس، وتحدث حالات تصلب الشرايين وبعض الاعراض المرضية الجلدية.

الأحماض الدهنية الضرورية :

١- حمض اللينوليك : Linoleic acid (C18 =2)

$$CH_3 - (CH_2)_4 - CH = CH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_4 - COOH$$

حمض اللينوليك مهم للنمو الطبيعي ، وقد وجد ان نقص الغذاء عن المستوي الطبيعي يؤدي الى نقص محتوى الانسجة من الاحماض الدهنية غير المشبعة الثنائية الرابطة، وهذا دليل على اهمية هذا الحمض فى تخليق هذه الاحماض الدهنية، ومرورها الى الانسجة حيث وجد ان حمض اللينوليك يكون حمض اللينولنك (C18:3) وحمض الاراشيدونيك (C20:4) كما يكون ايضاً الاحماض الدهنية التى تحتوي على اكثر من ذرة كربون وذلك بتطويل سلسلة هذا الحمض، كما وجد أن حمض اللينوليك يعمل على تحسين امتصاص هذه الاحماض الدهنية من الجهاز الهضمي وتسهيل عملية تخزينها داخل الاعضاء الدهنية فى الجسم.

وقد وجد زيادة فى وزن البيض عندما يتغذي الدجاج علي علف بة نسبة الدهن ٥.٥% وأن مجموع الدهون القابلة للهضم فى العليقة ربما كانت هى العامل الذي يتحكم فى وزن البيض، وقد وجد ان نسبة حمض اللينوليك تؤثر على وزن البيض.

جدول رقم (٢٠) : تأثير مستوي حمض اللينوليك على وزن البيض

حمض اللينوليك %	وزن البيض بالجرام
٠.٥٥	٩٥.٦
٠.٧٨	٩٥.٨
١.٠٠	٦٠.١
١.٢٠	٦٠.٠
١.٤٥	٦٠.١
١.٦٨	٦٠.٣

واذا كان معدل الاستهلاك اليومي للعلف يتراوح من ١٢٢ – ١٢٥ جراماً فإن نسبة ١% حمض لينوليك تعني استهلاك ما بين ١.٢٢–١.٢٥ جراماً فى اليوم. وقد ثبت ان نسبة ٠.٧٨% هى النسبة المثالية لحمض اللينوليك فى عليقة الدجاج البياض، وأن تقديم عليقة لا تحتوي على حمض اللينوليك ادت الى انخفاض وزن البيض بنحو ١٣ جراماً فى المتوسط عن الحد الاقصي، كما ثبت ان الاغذية التي تحتوي على فول صويا بها حمض لينوليك بقدر كاف.

ويوجد فى الطبيعة نوعان من حمض اللبنوليك، حيث وجد ان الروابط الزوجية فى سلسلة الحمض الدهني الضروري تحدد تأثيرة الحيوي في عمليات التمثيل الداخلي:

١– Cis-Cis-Lenolic acid وهذا النوع ذات نشاك حيوي فعال.

٢– Trans – Trans Lenolic acid وهذا النوع لا يعطي خواص الحمض الضروري او وظائفه الحيوية والفسيولوجية فى الجسم.

كما وجد ان موضع الحمض من ذارت الجلسرين في جزي الجلسيريدات الثلاثية يحدد مدي نشاطه الحيوي، فقد تبين ان الوضع (بيتا) هو الوضع ذو النشاط الحيوي، بينما الموضع (الفا) او (جاما) ليس له نشاط حيوى.

٢– حمض اللينولنك : Linolenic acid (C18:3)

$CH_3 – CH_2\ CH=CHCH_2\ CH = CHCH_2\ CH=CH(CH_2)_7\ COOH$

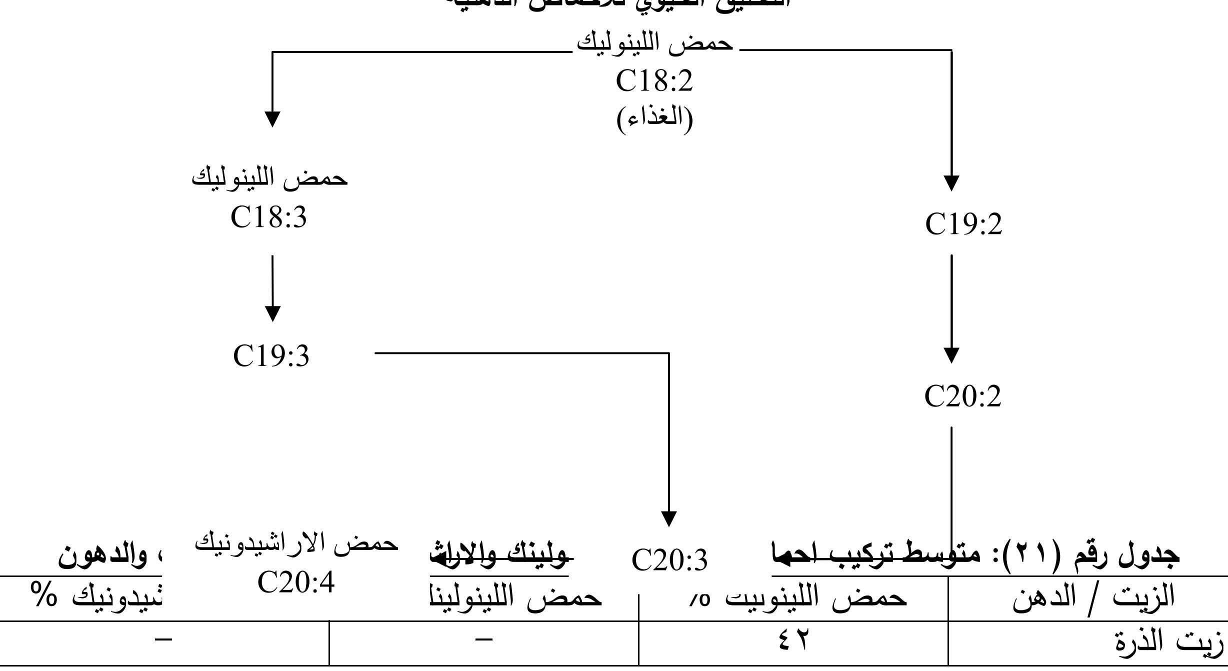
حمض اللينولنك يمكن تخليقة من حمض اللينوليك (C18:2) وبذلك لا يضاف الى العلائق الا فى حالات خاصة يكون من المفضل اضافته.

٣– حمض الاراشيدونيك : Arachidonic acid (C20:4)

$CH_3 – (CH_2)_4 – (CH=CH\ CH_2)_4 – (CH_2)_2 – COOH$

يمكن تخليق هذا الحمض من حمض اللينولك واللينولينك، ويعتبر هذا الحمض أحد مكونات البروستاجلاندين، ومن ذلك تتضح اهمية وجود هذا الحمض فى الاعضاء الشديدة النشاط الحيوي (القلب – الكلية – الطحال – الرئة – المخ) كذلك فهو اسرع الاحماض الدهنية فى نقلة من الكبد فور تكوينة.

التخليق الحيوي للأحماض الدهنية



جدول رقم (٢١): متوسط تركيب احما ... ولينك والارا ... والدهون

الزيت / الدهن	حمض اللينوليك ٪	حمض اللينولينا	...نيدونيك %
زيت الذرة	٤٢	–	–

زيت الفول السوداني	٢٢	–	–
زيت الزيتون	٧	–	–
زيت بذرة الكتان	١٧	٥١	–
زيت بذرة القطن	٤٥	٢	–
زيت بذرة اللفت	٢٢	٣	–
زيت بذرة السمسم	٤٢	–	–
زيت بذرة القرطم	٧٠	٣	–
زيت فول الصويا	٥٤	٢	–
الشحوم	٢	٠.٥	٠.١
دهن الرنجة	آثار	آثار	٢٨

والجدول التالي يوضح تركيب الاحماض الدهنية فى بعض مواد العلف شائعة الاستخدام فى تغذية الدواجن.

جدول (٢٢): متوسط تركيب الاحماض الدهنية فى بعض مواد العلف الشائعة الاستخدام فى اعلاف الدواجن

مادة العلف	المادة الجافة %	مستخلص الاثير	الاحماض الدهنية % من الغذاء							
			$C_{12:0}$	$C_{14:0}$	$C_{16:0}$	$C_{16:1}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$
مسحوق الفا الفا المجفف (بروتين ١٧%)	٩٢ ٨٩	٢.٠ ١.٨	٠.٠١ ٠.٠١	٠.٠١ –	٠.٥٧ ٠.٤٩	٠.٠٥ ٠.٠٢	٠.٠٨ ٠.٠٣	٠.١٣ ٠.٣٧	٠.٣٧ ٠.٧٨	٠.٧٨ ٠.٠٨
حبوب الشعير	٩٢	٩.٠	–	–	١.٨٠	٠.٠٧	٠.٠٩	٢.٢٥	٤.٧٧	٠.٠٢
الذرة الصفراء (حبوب)	٨٩ ٩٠	٣.٨ ٦.٩	– –	– –	٠.٦٢ ٠.٩٧	– –	٠.١٠ ٠.١٤	١.١٧ ١.٩٤	١.٨٢ ٣.٧٥	٠.٠٩ ٠.١٠
جلوتين الذرة الصفراء	٩٠	٢.٥	–	–	٠.٥٠	–	٠.٠٦	٠.٦١	١.١٦	–
كسب بذرة القطن (بروتين ٤١%)	٩٣	٣.٩	–	٠.٠٢	١.٢٢	–	٠.٠٢	٠.٥٣	٢.٤٦	٠.٠٣
مسحوق سمك منهادن	٩٢	٩.٤	٠.٠١	١.١٥	٣.٦١	١.٥٨	٠.٥٧	١.٩٦	٠.١٤	٠.٠٨
مسحوق لحم وعظم	٩٣	٨.٦	–	٠.٢٢	٢.٣٦	٠.٤٤	١.٤٢	٣.٧٤	٠.٣١	–
حبوب الشوفان	٨٩	٤.٢	–	٠.٠٥	٠.٩٣	٠.٠٤	٠.٠٥	١.٦٠	١.٤٧	٠.٠٩
كسب فول سوداني	٩٠	٧.٣	–	–	١.٥٢	٠.٠٨	٠.٢٣	٣.٣٢	١.٤٣	–
مسحوق ريش الطيور	٩٣	٣.٣	٠.٠١	٠.٠٦	٠.٩٩	٠.١٩	٠.٤٨	٠.٩٨	٠.٤٣	–
حبوب السورجم (الميلو)	٨٩	٢.٨	–	–	٠.٥٦	٠.١٥	٠.٠٣	٠.٨٩	١.١٣	٠.٠٦
كسب فول الصويا	٩٠	١.٠	–	–	٠.٢٤	٠.٠١	٠.٠٥	٠.١٦	٠.٤٧	٠.٠٧
حبوب القمح	٨٧	١.٩	–	–	٠.٤٦	٠.٠٨	٠.٠٣	٠.٤٤	٠.٨١	٠.١١
جريش القمح مع الردة	٨٨	٣.٠	–	–	٠.٦١	–	–	٠.٥٨	١.٧٠	٠.١٢

المصدر : المجلس القومي للبحوث الامريكي (١٩٨٤).

القيمة الحرارية للدهون : تختلف القيمة الحرارية للدهون وفقاً لمصادرها المختلفة كما يتضح من البيانات التالية :

جدول رقم (٢٣): القيمة الحرارية لكل جرام من الزيوت والدهون المختلفة

أ – ٩.٥٠	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الجسم
ب– ٩.٣٣	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الزبدة
ج– ٩.٣٠ – ٩.٥٠	كيلو كالوري لكل جرام من دهن زيت البذور
د– ٨.٨	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الحبوب
هـ– ٨.٣	كيلو كالوري لكل جرام من دهن الاعلاف الخشنة كالتبن

وجد Kellner ان مستخلص الاثير الناتج من الدريس حرارته ٩.١٩٤ كيلو كالوري لكل جرام منه، وان حرارة الروث الناتج من استخدام هذا الدريس ٩.٨٢٤ كيلو كالوري لكل جرام والسبب ان مستخلص الاثير فى هذا الروث يحتوي على مركبات كيميائية مثل الشموع ، والكلوروفيل ومواد اخري غير مهضومة حرارتها أعلي من حرارة الدهون الحقيقية.

(٣) البروتينات : Proteins

تعتبر الكربوهيدرات والليبيدات من المصادر الرئيسية للطاقة فى الكائنات الحية ، حيث يتم ذلك من خلال عمليات التمثيل الغذائى لهذه المركبات ، اما البروتينات Proteins والتى نحن بصددها الآن فهى تعتبر المادة الاساسية اللازمة لبناء الكان الحى وجسم الحيوان والانسان ، حيث ان البروتينات هى المكون الفعال الاساسى لمادة البروتوبلازم (مادة الحياة) الموجودة فى جميع خلايا الكائنات الحية والبروتينات عبارة عن مركبات عضوية نيتروجينية معقدة ذات وزن جزيئى مرتفع وتتكون اساساً من عناصر الكربون ، والهيدروجين ، والاكسجين ، والكبريت بالاضالة للنتروجين (تصل نسبته ١٦%) كما يدخل فى تركيب بعض البروتينات عناصر مثل الفوسفور او الفلزات مثل الحديد والنحاس ...... الخ كما سيأتى ذكرها فيما بعد.
والبروتينات تتكون من وحدات صغيرة تسمى الاحماض الامينية Amino acids حيث ترتبط هذه الاحماض مع بعضها من خلال الروابط الببتيدية Peptide bonds لتعطى انواع مختلفة ذات اوزان جزيئية مختلفة ، حيث ان كل بروتين له انواع معينة من هذه الاحماض موجودة فى ترتيب وتتابع محدد وقد ترتبط البروتينات بمركيات اخرى مثل الكربوهيدرات لتعطى ما يسمى بالجليكوبروتينات Glycoproteins اومع الليبيدات لتعطى الليبوبروتينات Lipoproteins ....الخ
.

الاحماض الامينية

كما سبق ذكره الاحماض الامينية تمثل الوحدة الاساسية فى بناء وتكوين البروتينات على الرغم من وجود انواع كثيرة من الاحماض الامينية فى الطبيعة (اكثر من ٢٠٠ نوع) الا انه يوجد فقط حوالى ٢٠ نوع منها هى الداخلة فى تكوين وبناء البروتينات وهى المصدر الاساسى لاى احماض امينية اخرى موجودة فى الكائنات الحية.
الاحماض الامينية الحرة والتى تشكل نسبة بسيطة ، تلعب دوراً حيوياً هاماً فى كثير من العمليات داخل الانسجة الحية، ويعتبر الاسباراجين Asparagine اول حمض امينى تم اكتشافة (سنة ١٨٠٦م) بينما يعتبر الثريونين Thereonine هو آخر الاحماض الامينية التى تم اكتشافها (سنة ١٩٣٨م).
احياناً يشتق اسم الحامض الامينى من المصدر الاساسى له فمثلاً حمض الجلوتاميك Glutamic acid يكون موجود فى جلوبتن القمح.

التركيب الكيميائى للأحماض الامينية :

الاحماض الامينية الداخلة فى تركيب البروتينات هى فى حقيقة الامر عبارة عن احماض امينية تحتوى على مجموعة كربوكسيل (COOH -) ومجموعة امين (NH_2-) فى الوضع الفا (α) حيث تحتوى جزيئاتها على ذرة كربون مركزية فى الوضع الفا وتتصل بها مجموعة الكربوكسيل ومجموعة الامين وذرة هيدروجين (H) ومجموعة جانبية (R-) عدا الحمض الامينى الجليسين حيث تستبدل هذه المجموعة بذرة هيدروجين ثانية ، هذا والشكل التالي يوضح الرمز العام للأحماض الامينية والجليسين.
وكما هو واضح من الرمز العام للأحماض الامينية ، فان ذرة الكربون الفا المركزية عبارة عن ذرة كربون غير متناظرة Asymmetric carbon atom حيث يعطى الحمض الامينى فى هذه الحالة متشابهين هما المتشابه اليمينى (D) والمشابه اليسارى (L) كما فى الشكل التالي:

COOH
H_2N—C—H
R
Amino acid

COOH
H_2N—C—H
H
Glycine

الرمز العام للأحماض الامينية ورمز الجليسين

COOH | H_2N—C—H | R

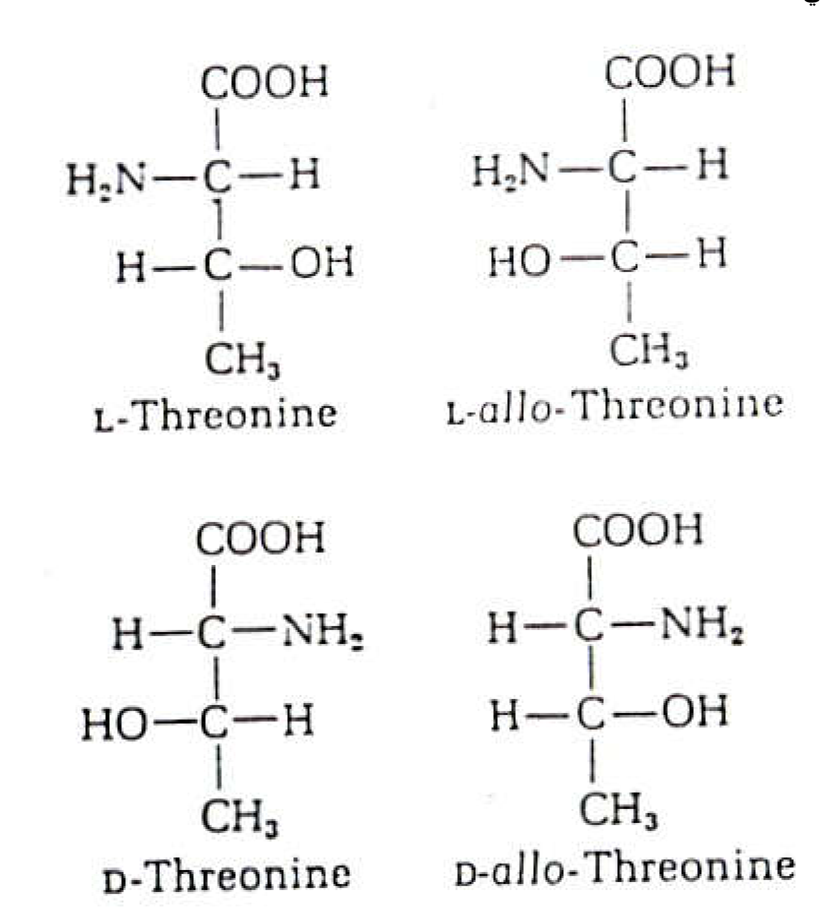
L-Amino acid

COOH | H—C—NH_2 | R

D-Amino acid

المتشابهان اليمينى (D) واليسارى (L) للأحماض الامينية

الاحماض الامينية الداخلة فى تكوين البروتينات هى من النوع اليسارى (L) وعند وجود ذرتين كربون غير متناظرتين فى الجزئ فان الحمض الامينى يعطى فى هذه الحالة اربعة متشابهات كما هو واضح فى الحمض الأميني الثريونين كما فى الشكل التالي:



متشابهات للحمض الامينى ثريونين

تقسيم الاحماض الامنيية :

كما هو واضح من الرمز العام للأحماض الامينية ، فان اختلاف المجموعة الجانبية (R-) تؤدى الى اختلاف الاحماض الامينية من حيث القطبية ، وبذلك يمكن تقسيم الاحماض الامينية طبقاً لقطبيتها (على درجة pH = ٧) الى الاقسام التالية :

١- أحماض امينية ذات مجاميع جانبية غير قطبية : Nonpolar aliphatic R groups

وتشمل احماض الجليسين والألانين والفالين والليوسين والايزوليوسين والبرولين.

٢- **احماض امينية قطبية :Polar, uncharged R groups**

وتشمل احماض السيرين والثريونين والسستين والميثونين والاسبراجين والجلوتامين.

٣- **احماض امينية عطرية : Aromatic R groups**

وتشمل احماض الفينايل الانين والتيروزين والتربتوفان.

٤- **حماض امينية بها مجاميع جانبية موجبة الشحنة :Positively charged R groups**

وتشمل احماض الليسين الارجنين والهستيدين.

٥- **احماض امينية بها مجاميع جانبية سالبة الشحنة :Negatively charged R groups**

وتشمل احماض الاسبارتيك والجولتاميك. هذا والشكل التالي يوضح التركيب الكيميائى للاحماض الامينية تبعاً لهذا التقسيم.

ومما هو جدير بالذكر يمكن تقسيم الاحماض الامينية **بطريقة اخرى كما يلى :**

١- **احماض امينية متعادلة**

ويقصد بالاحماض الامينية المتعادلة هنا هو انها تحتوى على مجموعة كربوكسيل واحدة ومجموعة امين واحدة.

وجدير بالذكر أن الاحماض الامنيةية المتعادل عند ذوبانها فى الماء لا تعطى pH =٧ بالضبط ولكن تكون حمضية التأثير لحد ما وتتقسم الاحماض الامينية المتعادلة بدروها الى الاقسام التالية :

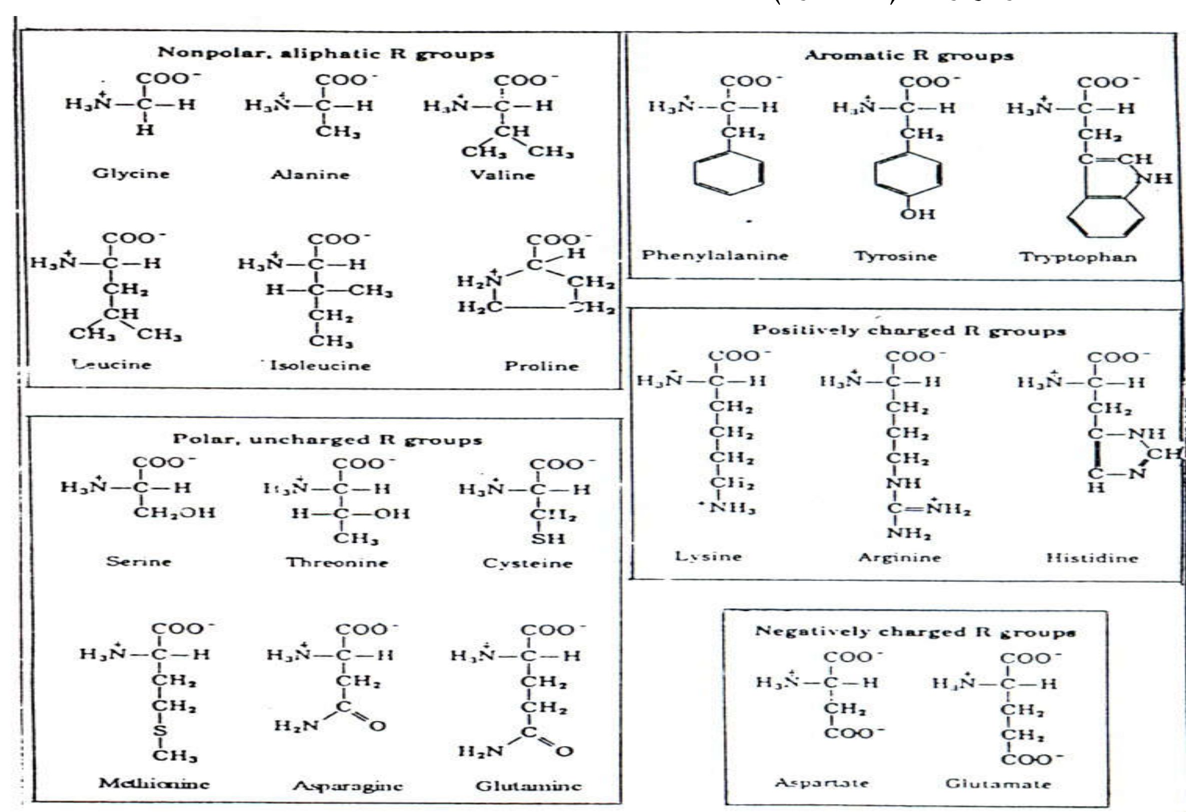
أ- احماض امينية متعادلة عادية : وتشمل الجليسين الألانين والفالين والليسوين والايزوليوسين.

ب- احماض امينية متعادلة ذات حلقة خماسية : اى تحتوى على حلقة خماسية مثل الحمض الامينى البرولين.

ت- احماض امينية متعادلة هيدروكسيلية : اى تحتوى على مجموعة هيدروكسيل (OH-) مثل السيرين والثريونين.

ث- احماض امينية كبريتية : اى تحتوى على كبريت مثل السيستين والستاين والميثونين.

ج- احماض امينية متعادلة عطرية : اى تحتوى على حلقة بنزين عطرية مثل الفينايل الانين والتيروزين والتربتوفات (حلقة اندول).



التركيب الكيميائى للاحماض الامينية وتقسيمها

٢- احماض امينية حمضية :
وهى تحتوى على مجموعة كربوكسيل اضافية فى السلسلة الجانبية وبالتالى تكون محتوية على مجموعتين كربوكسيل ومجموعة امين واحدة مثل الجلوماتيك والاسبارتيك.
٣- احماض امينية قاعدية :
وهى عكس المجموعة السابقة حيث تحتوى على مجموعة امين اضافية فى السلسلة الجانبية وبالتالى تكون محتوية على مجموعتين امين ومجموعة كربوكسيل واحدة مثل الليسين والارجنين والهستدين (حلقة اميدازوال).

الخواص الطبيعية للأحماض الامينية :
سوف نستعرض فى الجزء التالى بعض الخواص الطبيعية الهامة للأحماض الامينية كما يلى :
١- الصورة النقية :
الصورة النقية للأحماض الامينية الموجودة فى الطبيعة تكون على الحالة الصلبة ومتبلورة ولها درجة انصهار عالية ومعظم الاحماض الامينية حلوة المذاق.
٢- النشاط الضوئى Optical activity :
جميع الاحماض الامينية لها نشاط ضوئى ما عدا الجليسين الذى يحتوى على ذرة كربون متناظرة (متناسقة) كما سبق ذكره.
٣- الذوبان Solubility :
معظم الاحماض الامينية تذوب فى الماء ولكن بدرجاتن مختلفة ، ويقل الذوبان عند نقطة التعادل الكهربى Isoelectric point (IEP.PL:Pi) وزيادة الحموضة تسبب زيادة الذوبان خاصة الاحماض الامينية القاعدية ، بينما زيادة القاعدية تزيد من ذوبان الاحماض الامينية الحمضية ، عموماً تذوب الاحماض الامينية فى كحول ايثايل ٥٠%.

التفاعلات الكيميائية للأحماض الامينية Chemical reactions
١- تأثير الحرارة :
عند تعرض الاحماض الامينية الفا للتسخين فى وجود بعض العوامل المساعدة فانها تكون مركبات حلقية (اندريد الحمض الامينى) بفقد جزيئات من الماء.
٢- الخواص الامفوتيرية :
بما ان الاحماض الامينية تحتوى على مجموعة كربوكسيل (COOH−) ومجموعة امين (NH_2−) لذا فانها تميل لتكوين املاح داخلية تسمى الزوتر آيون Zwiter ion وذلك عند ذوبانها فى الماء ، والزويتر ايون عبارة عن ملح متأين يحمل شحنات كهربية موجبة واخرى سالبة تعادل بعضها البعض ، وتتوقف هذه الخاصية على درجة حموضة المحلول (درجة الـ pH).

2H₂O

Two amino acids — A diketopiperazine

تأثير الحرارة على الاحماض الامينية

ونتيجة وجود الاحماض الامينية على صورة الزويتر ايون ، تظهر لها خواص امفوتيرية (حمضية وقاعدية) ، حيث تتفاعل مع الاحماض كأنها قاعدة، ومع القواعد كأنها احماض.

على هذا يشحن الحمض الامينى الموجودة فى صورة الزويتر ايون بالشحنة الموجبة فى الوسط الحمضى وبشحنة سالبة فى الوسط القاعدى ، وهذه الخاصية الهامة للأحماض الامينية اضفت عليها وعلى البروتينات المتكونة منها صفة الامفوتيرية حيث يكون لها فعل تنظيمى Buffering action يمكن من خلالة مقاومة التغير فى درجات الحموضة والمحافظة على درجة الـ pH حوالى ٧ ، وذلك مما يسؤدى فى النهاية الى استمرار عمل الانزيمات والنظم الحيوية بكفاءة عالية.

٣- نقطة التعادل الكهربى :

تعرف نقطة التعادل الكهربى Isoelectric point (IEP.PL:Pi) بأنها درجة الـ pH التى عندها لا يتحرك الحمض الامينى فى المجال الكهربى ، حيث يكون متعادل.

الاحماض الامينية الضروررية Essential وغير الضرورية Nonessential

الحمض الامينى غير الضرورى هو عبارة عن الحمض الذى يستطيع جسم الانسان او الحيوان تخليقة اذ توفر له مصدر نتروجينى مناسب ولا يشترط وجوده فى الغذاء ، ومن امثلة هذه الاحماض بالنسبة للانسان ، الجليسين والالانين والاسبارتيك والجلوتاميك والبرولين والهيدروكسى والسيرين والسستيئين.

اما الحمض الامينى الضرورى فهو ذلك الحمض الذى لا يستطيع جسم الانسان او الحيوان تخليقة ولابد من توافره فى الغذاء مثل الفالين والليسين والليوسين والايزوليوسين والثريونين والميوثنين والفينايل الانين والتربتوفان.

وهناك ايضاً الاحماض شبة الضرورية Semi-essential وهى التى تستطيع ان تحل محل الحمض الضرورى فى حالة غيابه وذلك نظراً لتقارب الهيكل الكربونى فى كليهما ، فمثلاً التيروزين يعتبر حمض امينى شبة ضرورى فى حالة غياب الفنايل الانين فقط ، من ناحية اخرى يمكن اعتبار الحمض الامينيى ضرورى ايضاً اذ تكون فى الجسم بكميات قليلة لا تفى بالاحتياجات المطلوبة منه.

هذا ويزداد معدل الاحتياج للأحماض الامينية فى مرحلة البناء (الاطفال) وحالات النقاهة والمرض.

النباتات بصفة عامة لا تستطيع تخليق الاحماض الامينية من مصادرها الاولية واكثر من هذا فان النباتات تستطيع استخدام الامونيا او النترات الموجودة بها كمواد بادئة لمجاميعها الامينية ، اما الكائنات الحية الدقيقة فتختلف بشدة فى سعتها لتخليق الاحماض الامينية ، فمثلاً *E.coli* تستطيع تخليق الاحماض الامينية المطلوبة من النباتات البسيطة ، بينما بكتريا حمض اللاكتيك لا تستطيع ذلك وتحصل على ما يلزمها من الاحماض الامينية من بيئتها.

البتيدات Peptides

البتيدات Peptides عبارة عن اتحاد (ارتباط) عدد محدود من الاحماض الامينية بروابط ببتيدية (روابط اميدية) ، وتختلف البتيدات باختلاف عدد الاحماض الامينية المكونة لها فهناك البيتيد الثنائى Dipeptide ويعتبر اصغر ببتيد متكون حيث يتكون من عدد اثنين حمض امينى ، اما البيتيد الثلاثى Tripeptide فيتكون من ثلاثة احماض امينية ، وبصورة عامة اذا زاد عدد الاحماض الامينية عن عشرة احماض فى الببتيد فيسمى فى هذه الحالة ببتيد عديد Polypeptide.

لا يوجد حد فاصل بين البروتين (المحتوى على عدد كبير جداً من الاحماض الامينية) والببتيدات العديدة ، ولو ان الببتيدات العديدة عادة ما يقل وزنها الجزيئى عن ١٠٠٠٠ وتستطيع النفاذية خلال الاغشية الشبة منفذة مثل السولفان ولا تترسب بواسطة ثلاثى كلوروحمض الخليك Trichloroacetic acid (TCA) او كبريتات الامونيوم بعكس البروتينات.

الببتيدات الحقيقية وغير الحقيقية :

يجب اولاً ملاحظة ان الروابط الببتيدية ما هى الا روابط اميدية Amide bonds بين مجموعة كربوكسيل فى حمض امينى ومجموعة امين فى حمض امينى آخر وبصورة عامة تنتشر الببتيدات فى الطبيعية انتشار كبيراً وتلعب دوراً هاماً فى النظم البيولوجية والحيوية.

$$R_1-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-\overset{\overset{\large H}{|}}{N}-R_2$$

الرابطة الاميدية Amide bond

تقسيم الببتيدات :

يمكن تقسيم الببتيدات الى نوعين :

١- **ببتيدات حقيقية :** وهى تلك التى تنتج من اتحاد مجموعة الكربوكسيل الفا للحمض الامينى مع مجموعة الامين الفا ايضاً لحمض امينى اخر مع نزع جزئ ماء.

$$H_2N-\overset{R_1}{\overset{|}{CH}}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + H-\overset{H}{\overset{|}{N}}-\overset{R_2}{\overset{|}{CH}}-COOH \xrightarrow{-H_2O} H_2N-\overset{R_1}{\overset{|}{CH}}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-\overset{R_2}{\overset{|}{CH}}-COOH$$

شكل (١١) تكوين الرابطة الببتيدية فى اللببيدات الحقيقية

٢- **ببتيدات غير حقيقية :** وهى تلك التى تنتج من اتحاد اى مجموعة كربوكسيل (الفا او غير الفا) لحمض امينى مع مجموعة امين (الفا او غير الفا) لحمض امينى آخر مع نزع جزئ ماء مع مراعاة عدم ارتباط مجموعة الكربوكسيل الفا مع مجموعة الامين الفا والا كان ببتيد حقيقى ، ومن امثلة تلك الببتيدات مركب الجلوتاثيون ومركب الانسرين ومركب كارنوزين.

$$\underset{\underset{\underset{\underset{COOH}{|}}{HC-NH_2}}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{CH_2}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-\underset{\underset{SH}{|}}{\underset{CH_2}{|}}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-CH_2-COOH$$

Glutathione (γ-glutamyl-cysteinyl-glycine).

Carnosine

Anserine

التركيب الكيميائى لبعض الببتيدات غير الحقيقية

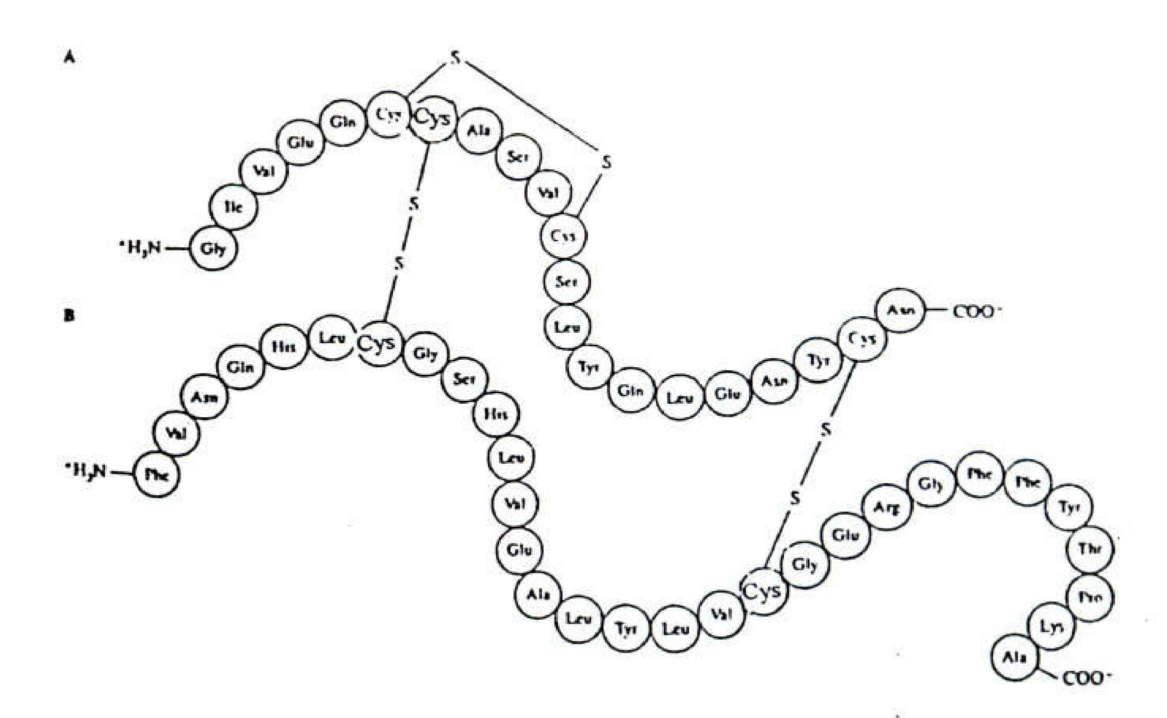
احياناً يطلق على بعض المركبات ببتيدات غير حقيقية اذا كان احد شقى الرابطة الببتيدية ليس حمض امينى مثل حمض الفوليك Folic acid وحمض الهيبوريك.

$$C_6H_5\text{-}COOH + H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH \xrightarrow{-H_2O} C_6H_5\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}COOH$$

Benzoic acid + Glycine → Hippuric acid

تكوين حمض الهيبوريك

من ناحية اخرى تلعب الببتيدات الحقيقية دوراً هاماً فى الانسجة الحيوية ، فكثير من الهرمونات عبارة عن ببتيدات ومن امثلة ذلك هرمون الانسولين وهرمون الجلوكاجون وهرمون الباراثيرويد وهرمون الكالسيتونين وهرمونات الغدة النخامية.



التركيب الكيميائى لهرمون الانسولين

تلعب الببتيدات غير الحقيقية ايضاً دوراً كبيراً فى الكائنات الحية مثل الجلوتاثيون وحمض الفوليك ، وكثيراً من المضادات الحيوية عبارة عن ببتيدات غير حقيقية مثل الجراميسيدين والتيروسيدين.

```
Val-Orn-Leu-D-Phe-Pro          Val-Orn-Leu-D-Phe-Pro
|                   |          |                   |  =  (Val-Orn-Leu-D-Phe-Pro)2
Tyr-Gln-Asn-D-Phe-Phe          Pro-D-Phe-Leu-Orn-Val

      Tyrocidin                      Gramicidin S
```

التركيب الكيميائى للجراميسيدين Gramicidin S والتيروسيدين Tyrocidin

تسمية الببتيدات :

من التركيب الكيميائى للبروتين (سلسلة ببتيدية طويلة جداً) او الببتيد نفسه نجد انهما يشتركان فى احتوائهما على نهايتين احداهما نهاية امينية (مجموعة امينية) N-terminal residue والاخرى نهاية كربوكسيلية (مجموعة كربوكسيلية) C-terminal residue.

ولتسمية الببتيدات نتبع ما يلى :

نبدء اولاً بالحمض الامينى الموجود بالطرف الامينى فيستبدل المقطع الاخير منه (ين ine) بالمقطع (يل yl) ثم يتبعه بنفس الطريق الحمض الامينى الثانى والثالث.......... الخ حتى آخر حمض امينى والموجود بالطرف الكربوكسيلى فيوضع اسمه بالكامل كما فى الشكل التالي يوضح التركيب الكيميائى والاسم العلمى لأحد الببتيدات الرباعية.

ويمكن كتابة رمزالببتيد فى صورة الزجزاج كما فى شكل التالي:

$$CH_3-CH(NH_2)-C(=O)-NH-CH_2-C(=O)-NH-CH(CH_2-C_6H_4-OH)-C(=O)-NH-CH(CH_2-CH_2-COOH)-COOH$$

Alanylglycyltyrosylglutamic acid

التركيب الكيميائى والاسم العلمى لأحد الببتيدات الرباعية

$$H_2N-CH(R_1)-C(=O)-NH-CH(R_2)-C(=O)-NH-CH(R_3)-C(=O)-NH-CH(R_4)-C(=O)-OH$$

تركيب الببتيد فى صورة الزجزاج

البروتينات

البروتينات عبارة عن وحدات مختلفة من الاحماض الامينية مرتبطة مع بعضها بروابط ببتيدية وتكرار هذه الروابط يكون الهيكل العام للسلسلة الببتيدية ، ويوجد العديد من البروتينات فى الطبيعة ويرجع ذلك اما الى اختلاف عدد الاحماض الامينية او اختلاف انواع الاحماض الامينية وتتابعها فى السلسلة الببتيدية ، لذا كان من الضرورى ايجاد تقسيم مناسب لهذا العدد الهائل من البروتينات خصوصاً ان بعض هذه البروتينات تحتوى على مركبات اخرى مثل الكربوهيدرات والليبيدات وبعض الصبغات والفوسفور والاحماض النووية ، ومن هنا يظهر التركيب المعقد للبروتينات، بالرغم من الانتشار الكبير للبروتينات فى الانسجة الحيوانية والنباتية على السواء ، الا ان كل بروتين له وظيفة حيوية محددة ولا يستطيع اى بروتين آخر ان يحل محله.

وتختلف البروتينات ايضاً فى درجة ذوبانها فى المذيبات المختلفة ، فبعضها يذوب فى الماء والاخر يذوب فى محاليل الاملاح والثالث فى المحاليل الكحولية او المحاليل الحمضية او القاعدية.

مصادر البروتينات :

بصفة عامة جميع المواد الغذائية تكون محتوية على البروتينات وان اختلفت نسبة وجودها فمثلاً المصادر النباتية وهى البقوليات (مثل الفول البلدى والفاصوليا والعدس وفول الصويا) تكون نسبة البروتين بها مرتفعة (حوالى ٢٥ %) بينما الحبوب (مثل القمح والشعير والذرة) تعتبر فقيرة فى البروتين (تحتوى على حوالى ١٠% ، عموماً تعتبر هذه المصادر النباتية فقيرة فى القيمة الغذائية والحيوية ، حيث لا تحتوى بروتيناتها على كل الاحماض الامينية الاساسية او الضرورية ومن ناحية اخرى تعتبر المصادر الحيوانية (مثل الللحوم واللبن والبيض والاسماك) من اهم المصادر الغنية جداً بالبروتينات ، هذا بالاضافة الى ارتفاع القيمة الغذائية والحيوية لها لإحتوائها علي كل الأحماض الأمينية الأساسية.

الاهمية الحيوية للبروتينات :

تأتى فى مقدمة الاهمية الحيوية للبروتينات استخدامها فى التغذية لكل من الانسان والحيوان ، حيث تدخل فى تركيب وبناء الجسم بصورة رئيسية ، مثال ذلك نمو الجنين ونمو الاطفال وتعويض العضلات والانسجة المتهالكة فى الحالات المرضية ، ولا يعتبر البروتين من مصادر الطاقة الا فى حالات خاصة مثل المجاعات او النقص فى مصادر الطاقة الرئيسية (الكربوهيدارت والدهون).

وحتى يستفيد الجسم من بروتينات الغذاء ، تتحلل داخل الجسم اولاً الى احماض امينية حرة ثم يعاد استخدامها مرة اخرى فى بناء البروتينات اللازمة للجسم.

اهم الوظائف الحيوية للبروتينات داخل الجسم :

١- تدخل الاحماض الامينية الناتجة من بروتينات الغذاء فى بناء بروتينات الجسم مثل الكولاجين والكيراتين فى الجلد والشعر والاظافر والانسجة الضامة ، كذلك بروتينات العضلات مثل الميوسين Myosin والاكتين Actin.
٢- تدخل فى تكوين بروتينات الكروموسومات وهى المركبات المسئولة عن انقسام الخلايا ، كما تدخل فى تكوين بروتينات الاجسام المناعية Antibodies التي تواجه الاجسام الغريبة Antigens الداخلة للجسم.
٣- تستخدم الاحماض الامينية الناتجة من تحلل بروتينات الغذاء فى تخليق جميع الانزيمات اللازمة للعمليات الحيوية فى الكائن الحى كذلك تدخل فى تكوين الهرمونات البروتينية فى الانسان والحيوان مثل هرمون الانسولين وهرمون الجلوكاجون ، او تتحول مشتقات هذه الاحماض الى هرمونات مثل هرمون الثيروكسين وهرمون الادرينالين.
٤- تدخل فى تكوين بعض البروتينات مثل الهيموجلوبينات وهى الخاصة بعمليات نقل الاكسجين من الرئة الى الخلايا ، كما تدخل فى بعض بروتينات النقل فى الدم والمسئولة عن انتقال الليبيدات في الدم عن طريق الليبوبروتينات.
٥- تدخل فى تكوين بروتين الفيريتين Ferritine الذى يخزن فى الكبد ، ايضاً تدخل فى تكوين بعض البروتينات الخاصة جداً مثل بروتينات الارجوان البصرى فى العين.
٦- تقوم بتنظيم درجة الـ pH للدم والمحافظة على الضغط الاسموزى للدم وعمليات النفاذية خلال الاغشية ، كما تستخدم كمصدر للطاقة حيث ان حوالى ٢٥% من هذه الاحماض الامينية تهدم وينتج منها طاقة.

بالاضالة لكل ما سبق فان الاحماض الامينية الناتجة من تحلل البروتينات لها وظائف حيوية كثيرة داخل الجسم ، وسوف نستعرض هذه الوظائف فيما بعد ، من ناحية اخرى ، كما يجب ملاحظة ان معظم هذه الوظائف السابقة تتم ايضاً فى النبات بالاضافة لوظائف اخرى خاصة تقوم بها البروتينات التى يخلقها النبات نفسه (بشرط توافر عناصر التخليق البروتين وهى النيتروجين والفوسفور) حيث ان النباتات لها القدرة على تخليق جميع الاحماض الامينية اللازمة لتكوين البروتينات.

الاهمية الاقتصادية للبروتينات :

بالاضافة لما سبق ذكره عن الاهمية الحيوية للبروتينات فان الاهمية الاقتصادية للبروتينات تأتى لتضيف دوراً أخر فى حياتنا العملية حيث ان الصوف والحرير والجلود ما هى الا مواد بروتينية ، والخيوط الجراحية تصنع ايضاً من مواد بروتينية ، هذا بجانب استخدامها كمادة لاصقة (الغراء) عن طريق تسخين بروتينات الكولاجين.

تقسيم البروتينات :

هناك نظم كثيرة لتقسيم البروتينات ، وسوف نختار اكثرها شيوعاً يعتمد التقسيم التالى على تركيب البروتين اولاً ، ثم على درجة ذوبان البروتينات فى المذيبات المختلفة ثانياً.

أولاً : تقسيم البروتينات تبعاً للتركيب الكيميائى للبروتين :

أ- البروتينات البسيطة Simple proteins

وهى عبارة عن البروتينات المكونة اساساً من الاحماض الامينية فقط مرتبطة ببعضها بروابط ببتيدية ، ولا ينتج من تحليلها المائى غير الاحماض الامينية.

ب- البروتيانت المرتبطة Conjugated proteins

وهى عبارة عن البروتينات المكونة اساساً من الاحماض الامينية المرتبطة ببعضها بروابط ببتيدية بجانب مركبات اخرى غير بروتينية مرتبطة معها مثل الكربوهيدرات والليبيدات ..... الخ ، وبتحليلها مائياً تنتج الاحماض الامينية والشقوق غير البروتينية المرتبطة معها ، ومن اهم انواعها ما يلى :

١-الجليكوبروتينات Glycoproteins

وهى البروتينات التى تحتوى على شق كربوهيدراتى ، والسكرات المرتبطة عادة هى الجلوكوز والفركتوز والمانوز والسكرات الامينية ومشتقات حمض اليورونيك ، ومكان ارتباط السكر بالبروتين يكون من خلال رابطة جليكوسيدية مع مجاميع الهيدروكسيل الخاصة بالحمضين الامينين السيرين والثريونين او مع مجاميع الامين الخاصة بالحمض الامينى اسباراجين ، وازالة الشق الكربوهيدراتى من هذه البروتينات تفقدها خواصها الحيوية ونشاطها.

ومن امثلة هذه البروتينات هرمونات الغدة النخامية (FSH and LH hormones) ، والميوسين Mucin الموجودة فى اللعاب ، وكذلك الهيبارين Heparine المانع لتجلط الدم.

٢-الليبوبروتينات Lipoproteins

وهى البروتينات التى تحتوى على شق ليبيدى (دهنى) مثل الاحماض الدهنية او الجلسريدات او الكولستيرول او الفوسفوليبيدات ، وهناك ليبوبروتينات ذائبة فى الماء مثل LDL و HDL و VLD واخرى غير ذائبة مثل ليبوبروتينات الجهاز العصبى.

٣-النيكلوبروتينات (البروتينات النووية) Nucleoproteins

وهى البروتينات التى تحتوى على احماض نووية كشق مرتبط ومن امثلتها البروتينات الداخلة فى تركيب الكروماتين والريبوسوم ، كذلك الهستون والبروتامين.

٤-الفوسفوبروتينات (البروتيانت الفوسفاتية) phosphoproteins

وهى البروتينات المرتبطة بمجاميع الفوسفات وعادة ما يكون الارتباط من خلال مجاميع الهيدروكسيل الخاصة بالحمضين الامينين السيرين والثريونين ، ومن امثلتها كازين اللبن وهذا الفوسفوبروتين يكون حمضى التأثير ويذوب فى القلويات ويرسب بالاحماض.

٥-البروتينات الفلزية Metaloproteins

وهى البروتينات المرتبطة مع بعض الفلزات ، ومن امثلتها الفريتين Ferritine وهو بروتين مرتبط مع الحديد ، كذلك السيروبلازمين Ceruloplasmin وهو بروتين مربتط مع النحاس وهرمون الانسولين وهو بروتين يحتوى على الزنك ، وكازين اللبن الذى يحتوى على الكالسيوم والانزيمات مثل ديهيدروجينيز الكحول المحتوى على الزنك ، وانزيمات السيتوكروم المحتوية على الحديد.

٦-البروتينات الملونة Chrromoproteins

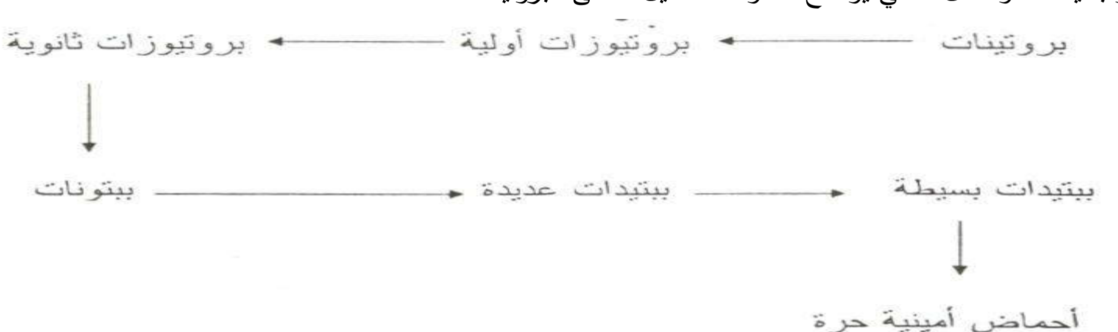
وهى بروتينات تحتوى على مجموعة اضافية ذات لون مميز ، ولكنها تختلف فى تركيبها الكيميائى من بروتين لآخر ، ومن امثلتها الفلافوبروتين ذو اللون الاصفر (يحتوى على مجموعة الريبوفلافين) وهيموجلوبين الدم (يحتوى على مجموعة الهيم Heme) ذات اللون الاحمر ، كما ترتبط الكلوروفيلات (ذات اللون الاخضر) بأنواع خاصة من البروتينات ويرتبط الكاروتينات ببعض البروتينات لتكسبها اللون البرتقالى ، وهناك انزيمات ملونة مثل الكتاليز والسيتوكروم حيث ترتبط بمجموعة الهيم ، ايضاً صبغة الميلاتونين السوداء المسئولة عن لون البشرة والشعر ترتبط عادة بنوع معين من البروتينات يسمى Melanoproteins.

ج- البروتينات المشتقة Dreived proteins

التغيرات التى تطرأ على البروتينات السابقة (البسيطة او المرتبطة) وتؤدى لحدوث تغيير فى التركيب الكيميائى او الطبيعى لهذه البروتينات تنتج ما يعرف باسم البروتينات المشتقة ، وتتكون هذه البروتينات نتيجة تعرض البروتينات البسيطة او المرتبطة للعوامل التالية :

١- الحرارة العالية
٢- الاشعاع
٣- معادن الاملاح الثقيلة
٤- الاحماض والقلويات المركزة
٥- بعض المذيبات العضوية مثل الكحول واليوريا
٦- الانزيمات

كذلك فان ازالة المجاميع الاضافية فى البروتينات المرتبطة تؤدى لظهور البروتينات المشتقة ، وعلى هذا يمكن اعتبار كل من الهستون والبروتامين من البروتينات المشتقة نتيجة ازالة المجموعة المرتبطة وهى الاحماض النووية وازالة مجموعة الهيم من الهيموجلوبين يسبب ظهور بروتين مشتق.
يقع تحت هذا القسم ايضاً نواتج التحليل الجزئى للبروتينات والتى تضم البورتيوزات المختلفة والبيتونات والببتيدات العديدة والبسيطة ، والشكل التالي يوضح خطوات التحليل المائى للبروتينات.



مراحل التحليل المائى للبروتينات

وتعتبر جميع النواتج السابقة عدا الاحماض الامينية الحرة ضمن البروتينات المشتقة ، وترسب البروتيوزات الاولية بمحلول نصف مشبع من كبريتات الامونيوم ، بينما البروتيوزات الثانوية فترسب بمحلول كامل التشبع من كبريتات الامونيوم.

ثانياً : تقسيم البروتينات تبعاً لدرجة ذوبانها فى المذيبات المختلفة :

يختص هذا التقسيم بالبروتينات البسيطة بصفة خاصة دون البروتينات الاخرى وتقسم البروتينات البسيطة تبعاً لدرجة الذوبان فى المذيبات المختلفة للأقسام التالية :

١ - الالبيومينات Albumins

تذوب الالبيومينات فى كل من الماء ومحاليل الاملاح المتعادلة المخففة ومحاليل الاحماض والقلويات المخففة ، تتخثر الالبيومينات بالحرارة وترسب من محاليلها بمحلول مشبع من كبريتات الامونيوم ، وتوجد الالبيومينات فى كل من الممكلة الحيوانية والنباتية ومن امثلتها البيومين الدم والبيومين البيض والبيومين اللبن.

٢ - الجلوبيولينات Globulins

لا تذوب الجلوبيولينات فى الماء لكن تذوب فى كل من محاليل الاملاح المتعادلة المخففة ومحاليل القواعد والاحماض المخففة ، وتتخثر الجلوبيولينات بالحرارة وترسب بمحلول نصف مشبع من كبريتات الامونيوم ، وتوجد الجلوبيونات فى كل من المملكة الحيوانية والنباتية ، ومن امثلتها جلوبيولين السيرم (تتكون من جلوبيولين Y ، β و α٢ و α١) وجلوبيولين العضلات (الاكتين واليومسين) والثيروجلوبين (يتكون من هرمون الثيروكسين) ايضاً كثير من الانزيمات تدخل ضمن هذه البروتينات مثل انزيم الفوسفاتيز وانزيم التربسين كذلك الاجسام المضادة وتوجد الجلوبيولينات مثل الادستين Edestine فى الحبوب والاماندين Amandine فى اللوز ، والليجيومينات Legumins فى البقوليات مثل البسلة.

٣- الجلوتيلينات Glutclins

لاتذوب الجلوتيلينات فى الماء او محاليل الاملاح المتعادلة المخففة ولكن تذوب فى محاليل القواعد والاحماض المخففة ، لاتتخثر بالحرارة توجد الجلوتيلينات فى النباتات فقط ومن امثلتها جلوتين القمح Glutenine

٤- البرولامينات Prolamins

لا تذوب البرولامينات فى الماء او محاليل الاملاح المتعادلة المخففة او محاليل القواعد والاحماض المخففة ، لكن تذوب فى كحول ٨٠% ولا تتخثر بالحرارة ، توجد البرولامينات فى النبات فقط وهى تحتوى على نسبة عالية من الحمض الامينى برولين ومنه اشتق اسم البرولامينات ، ومن امثلتها زاين Zein الذرة ، وجليادين القمح.

٥- **البروتينات القرنية سكليروبروتينات Scleroproteins**

تذوب هذه البروتينات فى محاليل الاحماض والقواعد المركزة فقط ، حيث تحدث بها تحليل جزئى ، وتوجد هذه البروتينات فى المملكة الحيوانية فقط فى قرون واظافر الحيوانات وهى مقاومة لانزيمات الهاضمة فى الانسان والحيوان ، ومن امثلتها الكولاجين فى الانسجة الضامة والذى بغليانة يعطى جيلاتين سهل الهضم ، والكولاجين غنى بأحماض خاصة وهى الهيدروكسى برولين والهيدروكسى ليسين ، كذلك الكيراتين (بروتين الشعر والصوف) الغنى بحمض السستاين حيث يذوب فى كبريتيد الباريوم الذى يستخدم ضمن مستحضرات ازالة الشعر.

البناء الكيميائى للبروتينات :

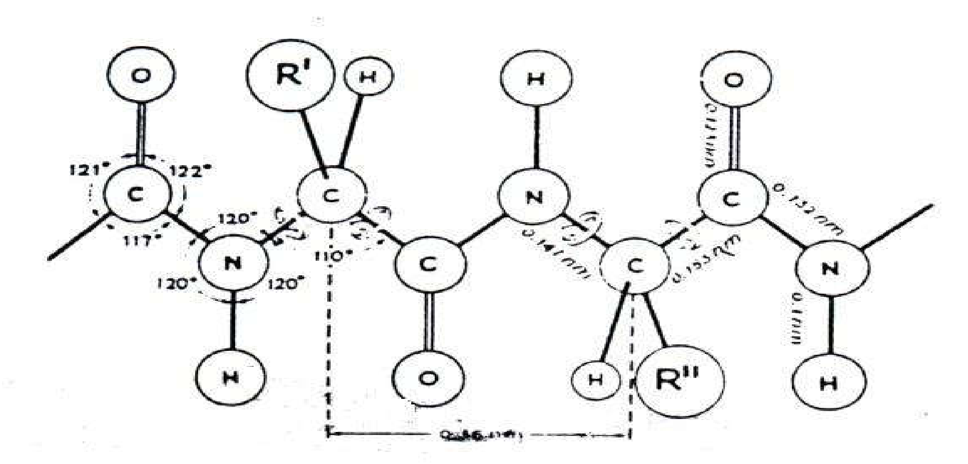
كما ذكر سابقاً البروتينات تتكون اساساً من احماض امينية الفا مرتبطة ببعضها بروابط ببتيدية لتكون السلاسل الببتيدية ، امكن معرفة التركيب الكيميائى للبروتينات من نتائج التحليل المائى بالاحماض او القلويات او الانزيمات ، فالتحليل المائى الكامل للبروتينات يعطى احماض امينية فقط بينما التحليل المائى الجزئى يعطى ببتيدات قصيرة واحماض امينية حرة ، وتزداد المجاميع او النهايات الامينية والكربوكسيلية نتيجة لهذا التحليل حيث كانت هذه المجاميع مرتبطة فى جزئى البروتين.

اختلاف الذرات الداخلة فى تركيب السلسلة الببتيدية يؤدى الى اختلاف مقدار الزوايا وطول الرابطة بين الذرات (شكل١١).

وتختلف البروتينات فى التركيب البنائى الكيميائى لها تبعاً لما يلى :

١- نوع الاحماض الامينية المكونة للسلاسل الببتيدية
٢- عدد الاحماض الامينية المكونة للسلاسل الببتيدية
٣- ترتيب وتتابع الاحماض الامينية المكونة للسلاسلال الببتيدية
٤- التوزيع الفراغى للذرات والمجموعات بالنسبة لبعضها فى السلاسل الببتيدية ، حيث يتوقف ذلك على درجة التواء السلسلة والذى يؤدى بدورة الى تكوين الشكل الحلزونى للبروتين.
٥- الشكل المجسم ثلاثى الابعاد للبروتين ، وهو يعتمد على التفاف السلاسل الببتيدية على بعضها او انفراطها.
٦- ارتباط جزيئات البروتينات مع بعضها مكونة تجمعات ذات اوزان جزيئية مرتفعة.
٧- ارتباط البروتينات مع مركبات غير بروتينية مكونة انواع من البروتينات المرتبطة.

ومما سبق يتضح وجود عدد كبير جداً من البروتينات.



شكل (١١): مقدار الزوايا وطول الرابطة بين الذرات فى السلسلة الببتيدية

الروابط المثبتة لجزئ البروتين :

تأخذ السلسلة الببتيدية الشكل المجسم الثلاثى الابعاد بالتفافها الحلزونى على طول السلسلة او التفاف عدة سلاسل مع بعضها ، وتقوم مجموعة من الروابط غير الببتيدية معظمها ذات قوى ضعيفة بتثبيت هذا الشكل.

الأحماض النووية Nucleic acids

تعرف الاحماض النووية Nucleic acids بانها جزيئات كبيرة الوزن الجزيئى تتكون اساساً من وحدات عديدة من النيكلوتيدات الاحادية المرتبطة مع بعضها ، وتحمل الصفات الوراثية وهى المسئولة عن نقل المعلومات لتخليق البروتينات.

انواع الاحماض النووية :

هناك نوعان من الاحماض النووية هما :

١- **حمض الريبونيوكليك Ribonucleic** : وهو يحتوى على السكر الخماسى اليمينى ريبوز D-Ribose واختصاره RNA.

٢- **حمض الدى اوكسى ريبونيوكليك Deoxyribonucleic acid** : وهو يحتوى على السكر الخماسى اليمينى دى اوكسى ريبوز D-Deoxyribose واختصاره DNA.

تركيب الاحماض النووية :

النوعان السابقان من الاحماض النووية (DNA , RNA) يعتبر بوليمرات polymers خيطية تتكون من وحدات تسمى نيكلوتيدات Nucleotides التى ترتبط مع بعضها عن طريق روابط الفوسفات ثنائية الاستر Phosphodiesters وتتكون النيكلوتيدات من جزئين هما النيكلوسيدات ومجموعات الفوسفات.

تركيب النيكلوسيدات Nucleosides

يتركب اى نيكلوسيد من وحدتين بنائيتين هما :

١- قاعدة نيتروجينية (بيورين Purine او بيريميدين Pyrimidine).

٢- جزئ سكر خماسى يمينى (ريبوز او دى اوكسى ريبوز).

وترتبط القواعد النيتروجينة مباشرة بجزئ السكر الخماسى برابطة جليكوسيدية (بيتا) مكونة هذه النيكلوسيدات Nucleosides وتلك بدورها ترتبط مع بعضها البعض عن طريق مجموعات الفوسفات والتى تتصل بجزئ السكر الخماسى مكونة ما يعرف باسم النيكلوتيدات.

أولاً : القواعد النيتروجينية Nitrogen Bases

هناك نوعان من القواعد النيتروجينية يشتركا فى تركيب الاحماض النووية المختلفة RNA و DNA وهى كما يلى :

pyrimidine

cytosine (C) (2-oxo-4-aminopyrimidine)

uracil (U) (2,4-dioxopyrimidine),

thymine (T) (5-methyluracil)

purine

adenine (A) (6-aminopurine)

guanine (G) (2-amino-6-oxopurine)

التركيب الكيميائى لقواعد البيورين والبيريميدين

أ- **البيريميدينات Pyrimidines**

وهى مشتقات المركب الحلقى غير المتجانس المسمى بريميدين ، وهناك ثلاث مركبات اساسية من البريميدينات هى :

١- قاعدة اليوراسيل Uracil (U).

٢- قاعدة السيتوزين Cytosine.

٣- قاعدة الثيمين Thymine (T).

ويدخل كل من اليوراسيل والسيتوزين فى تركيب الحمض النووى RNA بينما يدخل الثيمين فى تركيب الحمض النووى DNA.

ب- **البيورينات Purines**

يرجع مصدر هذه القواعد الى مركب البيورين الذى يتكون من اتحاد حلقة البيريميدن السداسية بحلقة اخرى (مكونة من ذرتى نتروجين وذرة كربون).

واهم مشتقات هذه القواعد هى :

١- الادينين Adenine (A) ٢- الجوانين Guanine

وتوجد هذه المشتقات فى كلا النوعين من الاحماض النووية RNA, DNA.

بالاضافة لما سبق فهناك مشتقات اخرى لكل من قواعد البيورين والبيريميدين مثل القواعد التالية :

١- الهيموزانثين Hymoxanthine.

٢- الزانثين Xanthine.

٣- البيريميدينات المميثلة Methylated pyrimidines.

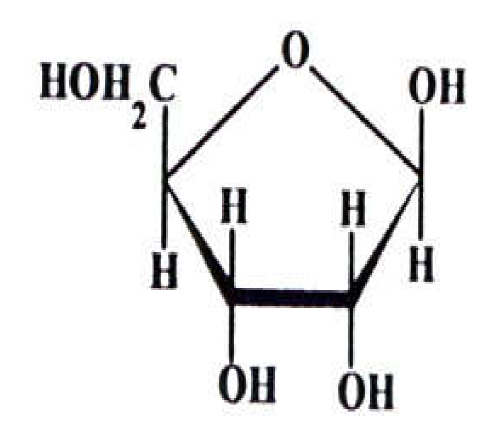
ثانياً : السكرات Sugars

هناك نوعان من السكرات الخماسية اليمينية ، يشترك احداهما فى تركيب حمض نووى خاص به ، ويشترك السكر الآخر فى تركيب الحمض النووى الثانى كما يلى :

١- السكر الخماسى اليمينى ريبوز D-Ribose يدخل فى تركيب الاحماض النووية RNA.

٢- السكر الخماسى اليمينى ٢- دى اوكسى ريبوز D-2-Deoxyribose يدخل فى تركيب الاحماض النووية DNA.

والرمزان التاليان يوضحا تركيب كل من السكر الخماسى اليمينى ريبوز والسكر الخماسى اليمينى ٢-دى اوكسى ريبوز



D-Ribose

D-2-Deoxyribose

التركيب الكيميائى للسكر الخماسى اليمينى ريبوز (بيتا)
والسر الخماسى اليمينى ٢-دى اوكسى ريبوز (بيتا)

اومما سبق فإن النيكلوسيد هو عبارة عن المركب الناتج من اتحاد القواعد (البيورين او البيريميدين) مع السكر الخماسى (ريبوز او دى اوكسى ريبوز) خلال الرابطة الجليكوسيدية بيتا كما فى الشكل التالي:

سكر خماسى ———————— قاعدة نيتروجينية

↑

رابطة جليكوسيدية (بيتا)

رسم تخطيطى يوضح تركيب النيكلوسيدات

والرابطة الجليكوسيدية تتم بين ذرة الكربون رقم (١) للسكر الخماسى مع ذرة النتروجين رقم (٩) للبيورين او رقم (١) للبيريميدين.

انواع النيكلوسيدات

هناك ثمانية انواع مختلفة من النيكلوسيدات محتمل تكوينها على حسب نوع الحمض النووى وهى كما يلى :

١- النيكلورسيدات الداخلة فى تركيب الحمض النووى RNA وتشمل:

١-ادينوسين Adenosine (ادنين + ريبوز).
٢-جوانوسين Guanosine (جوانين + ريبوز).
٣-سيتيدين Cytidine (سيتوزين + ريبوز).
٤-يوريدين Uridine (يوراسيل + ريبوز).

٢- النيكلوسيدات الداخلة فى تركيب الحمض النووى DNA وتشمل:

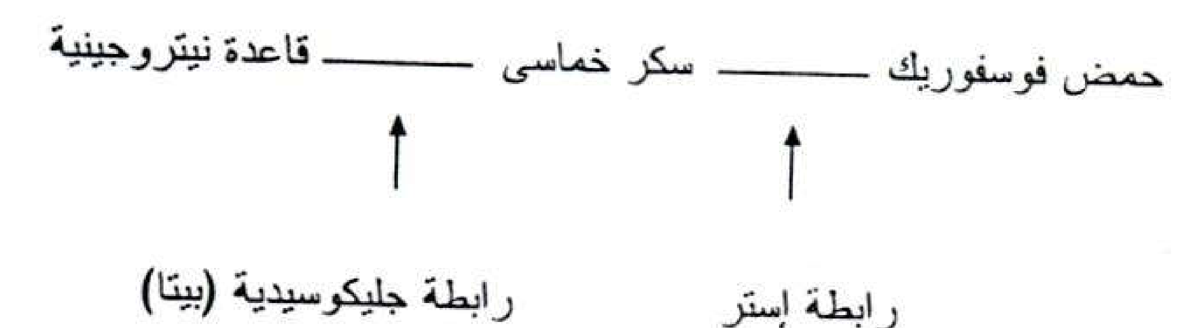
١-دى اوكسى ادينوسين Deoxyadenosine (ادنين + دى اوكسى ريبوز).
٢-دى اوكسى جوانوسين Deoxyguanosine (جوانين + دى اوكسى ريبوز).
٣-دى اوكسى سيتيدين Deoxycytdine (سيتوزين + دى اوكسى ريبوز).
٤-ثيميدين Thymidine (ثيمين + دى اوكسى ريبوز).

تركيب النيكلوتيدات Nucleotides

يتركب اى نيكلوتيد من ثلاث وحدات بنائية هى :

١- قاعدة نيتروجينية (بيورين Purine او بيريميدين Pyrimidine).
٢- جزئ سكر خماسى يمينى (ريبوز او دى اوكسى ريبوز).
٣- مجموعة فوسفات.

على ذلك النيكلوتيدات هى عبارة عن الاسترات الناتجة من اتحاد النيكلوسيدات مع حمض الفوسفوريك عن طريق روابط الفوسفات ثنائية الاستر Phosphodiesters كما فى الشكل التالي:



رسم تخطيطى يوضح تركيب النيكلوتيدات

واحدى رابطتى استر الفوسفات تتم بين ذرة الكربون رقم (٣) للسكر (وتسمى ٣) فى احدى النيكلوسيدات مع ذرة الكربون رقم (٥) للسكر (وتسمى ٥) فى جزئ النيكلوسيد الآخر.

وهناك ثمانية انواع مختلفة من النيكلوتيدات محتمل تكوينها على حسب نوع الحمض النووى وهى كما يلى :

١- النيكلوتيدات الداخلة فى تركيب الحمض النووى RNA

١- حمض ادنيليك Adenylic acid (ادنين + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
٢- حمض جوانيليك Guanulic acid (جوانين + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
٣- حمض سيتيدتيك Cytidylic acid (ستيوزين + ريبوز + حمض الفوسفوريك).
٤- حمض يوريديليك Uridylic acid (يوارسيل + ريبوز + حمض الفوسفوريك).

٢- النيكلوتيدات الداخلة فى تريكب الحمض النووى DNA

١- حمض دى اوكسى ادنيليك Deoxyadenylic (ادنين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).
٢- حمض دى اوكسى جوانيليك Deoxyguanylic acid(جوانين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).
٣- حمض دى اوكسى سيتيديليك Deoxycytidylic(سيتوزين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).
٤- حمض ثيميديليك Thymidylic acid (ثيمين + دى اوكسى ريبوز + حمض الفوسفوريك).

هذا ، وشكل (٣١) يوضح التركيب الكيميائى لبعض النيكلوسيدات (A) والنيكلوتيدات (B).

وتوجد بعض انواع النيكلوتيدات على حالة منفردة فى الانسجة الحية حيث ان لها اهمية فى عمليات التغيرات الحيوية للحصول على الطاقة فى عمليات التمثيل الغذائى للكربوهيدرات بواسطة الانزيمات ، وقد يحتوى النيكلوتيد الحر على اكثر من مجموعة من فوسفات (P) مثل مركب ادينوسين ثنائى الفوسفات ADP او ثلاثى الفوسفات ATP.

والاحماض النووية كما سبق الاشارة اليها تتكون من وحدات عديدة من النيكلوتيدات الاحادية لذلك يظهر مخلوط مكونات النيكلوتيدات فى ناتج التحليل المائى الكامل للأحماض النووية عند اجرائه بواسطة حمض HCl او الانزيمات.

وكما سبق ذكره اتصال النيكلوتيدات الاحادية يكون بين ذرة النتروجين رقم (٩) فى البيورين او ذرة النتروجين رقم (١) فى البريميدين مع ذرة الكربون رقم (١) فى السكر الخماسى ، كما تتصل هذه النيكلوتيدات مع بعضها عن طريق رابطة فوسفات ثنائية الاستر حيث يتم الاتصال بين ذرة كربون رقم (٣) لجزئ السكر الخماسى فى احد النيكلوتيدات وذرة كربون رقم (٥) للسكر الذى يلية.

A

Adenosine
(9-β-D-Ribofuranosyl adenine)

Deoxythymidine
(1-β-2'-Deoxy-D-ribofuranosyl thymine)

B

adenosine-5' monophosphate

2'-deoxyadenosine-5'-mono-phosphate -(d-AMP)

التركيب الكيميائى لبعض النيكلوسيدات (A) والنيكلوتيدات (B)

Adenine - Ribose - P - P (ADP)

Adenine - Ribose - P - P - P (ATP)

التركيب العام لكل من ATP , ADP

وفى حقيقة الامر ، الحمض النووى DNA له التركيب المقترح بواسطة العالمان واتسون وكريك Watson & Crick وهو ان هذا الحمض عبارة عن شريط مزدوج يتكون من سلسلتين DNA ملتفتين حلزونياً مع بعضها ، وتحتوى كل لفة على ١٠ نيكلوتيدات ولمسافة قدرها ٣.٤ نانومتر nm (٣٤ انجستروم) ، ويوجد بين السلسلتين روابط هيدروجينية تتبادل بين قواعد البيورين من سلسلة وقواعد البيريميدين من السلسلة الاخرى (شكل ٣٤).

المصادر الغنية بالاحماض النووية :

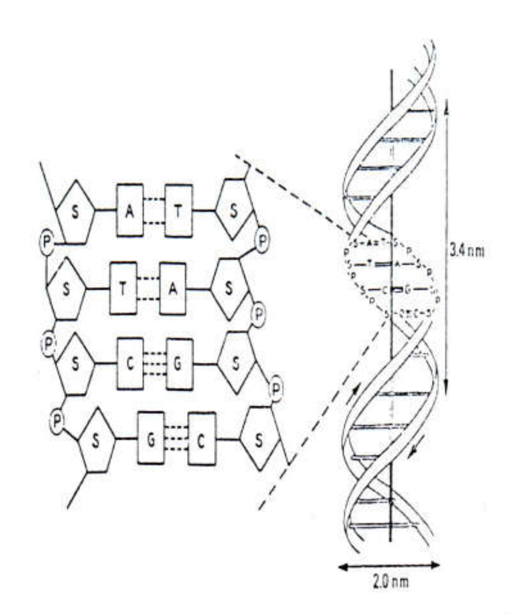
جدول رقم (٢٤) يوضح: المصادر الغنية بالاحماض النووية (DNA, RNA).

RNA	DNA
الخميرة	جنين القمح
البنكرياس	الطحال
الكبد	البكتريوفاج

البروتينات النووية

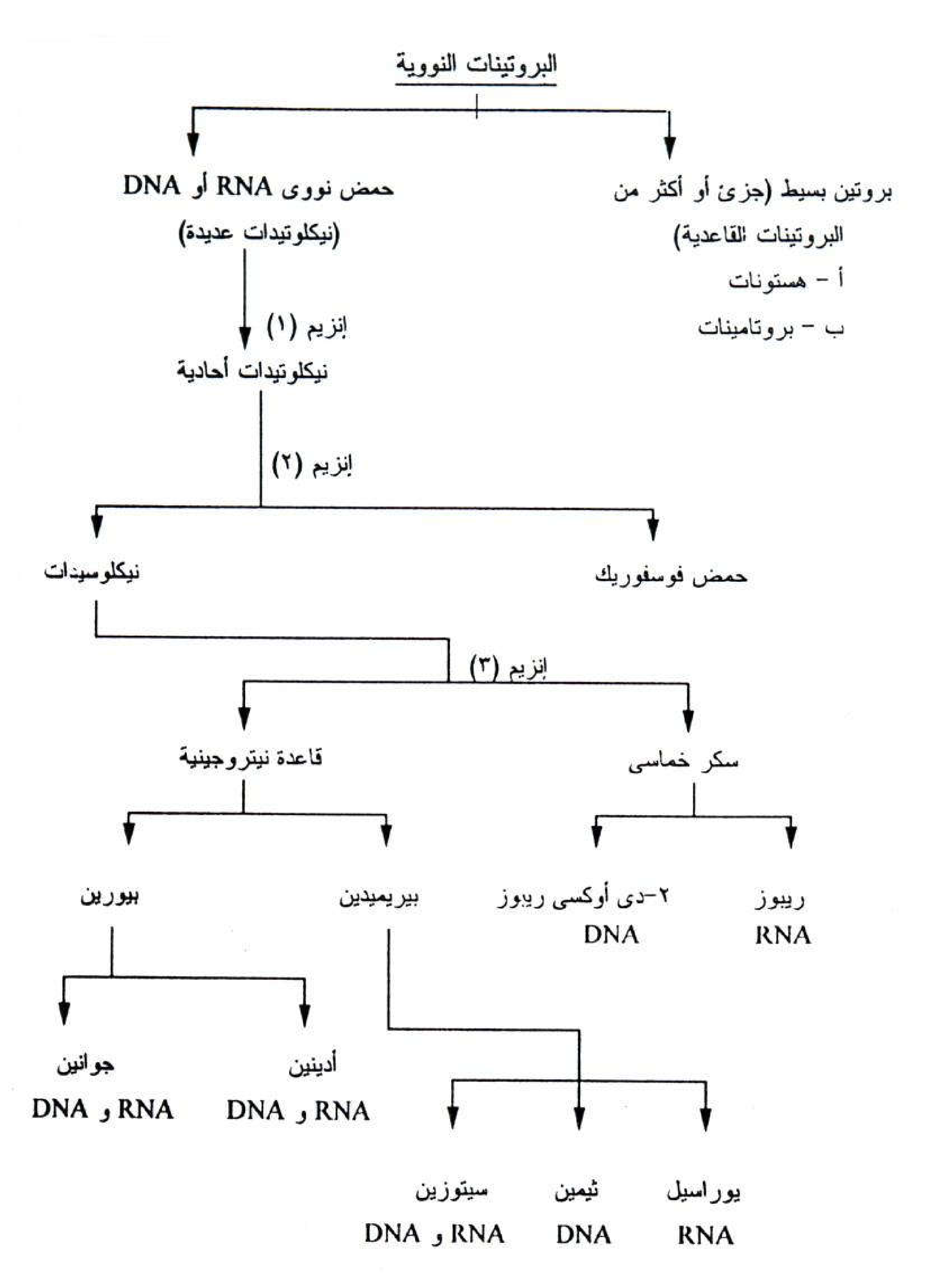
تمثل البروتينات النووية قسماً هاماً من اقسام البروتينات المرتبطة وهى تتميز بوجود مجموعة مرتبطة غير بروتينية عبارة عن حمض نووى متصل بالبروتين البسيط ، والبروتين البسيط يكون عادة بروتين قاعدى من البروتامين Protamine او الهستون Histone وهى توجد فى جميع الانسجة الحيوانية والنباتية ، كما ان تسميتها بالبروتينات النووية راجعة لتواجدها بكميات كبيرة فى نواة الخلية ، هذه البروتينات توجد ايضاً فى سيتوبلازم الخلايا مرتبطة بدرجة كبيرة بالميتوكوندريا.

التركيب الكيميائى للحمضين النووين DNA , RNA



The Watson and Crick model of the double helical structure of DNA (modified). A = adenine, C = cytosine, G = guanine, T = thymine, P = phosphate, S = sugar (deoxyribose).

شكل (١٢): التركيب الحلزونى المزودج للحمض النووى DNA المقترح بوساطة واتسون وكريك Watson & Crick



نواتج التحليل المائى للبروتينات النووية

انزيم (١) : DNase , RNase

انزيم (٢) : Phosphatase

انزيم (٣) : Nucleosidase

العوامل المؤثرة على القيمة الحيوية للبروتين ما يلي:

(١) الهضم الإنزيمي للبروتين فى القناة الهضمية: ذلك لأن سرعة وكمية المهضوم من الاحماض الامينية تختلف بإختلاف أنواعها.

(٢) نوعية البروتين : القيمة الحيوية للبروتينات البسيطة أكبر من القيمة الحيوية للبروتينات المعقدة التبركيب بينما تقل القيمة الحيوية للأحماض الامينية، نتيجة الفقد الذي يحدث اثناء الهضم كنواتج آزوتية فى البول لذلك تزيد القيمة الحيوية للبروتين كلما زاد محتواه من الاحماض الامينية الضرورية، وانخفضت ايضاً نسبة الاحماض الأمينيه غير الضرورية.

القيمة الحرارية للبروتين :

تختلف القيمة الحرارية للبروتين حسب مصدر هذا البروتين ونوعه، ولكن فى حدود متقاربة، وتبلغ هذه القيمة الحرارية لكل جرام من البروتينات المختلفة كما يلي:

جدول رقم (٢٥) :

١- فيبرين النبات Fibrin	٥.٨٨٧ كيلو كالوري
٢- كازين اللبن Casein	٥.٧٤٧ كيلو كالوري
٣- البيومين البيض Albumine	٥.٧١١ كيلو كالوري
٤- البيوتين Biotin	٥.٢٩٩ كيلو كالوري

اي بمتوسط ٥.٧١١ كيلو كالوري لكل جرام بروتين.

ولصعوبة فصل البروتين من الروث خاصة في الحيوانات العشبية فقد يضطر الأمر الي اعتباراً ان بروتين الروث كذلك ٥.٧١١ كيلو كالوري لكل جرام من الروث فى المتوسط.

الإنزيمات

تقسيم الانزيمات : Enzyme classification

تقسم الانزيمات فى ستة مجاميع رئيسية يتكون اسم الانزيم من اسم مادة التفاعل ثم ينتهي الاسم بـ ase بالاضافة لهذه الاسماء تستخدم اسماء عامة والاقسام الرئيسية للإنزيمات هي :

١- انزيمات الاكسدة والاختزال : Oxidoreductases

انزيمات فعلها الاكسدة والاختزال كما في الـ dehydrogenase، وديهيدروجينيز تتعامل مع الايدروجين بالنزع والاضافة، oxidase تتعامل مع الاكسجين او الالكترونات، Oxzygenase تضيف ذرة اكسجين جزئياً الى المادة المتفاعلة، peroxidase تتعامل مع فوق اكسيد الايدروجين كمستقبل للإلكترونات. ومن الاسماء العامة لبعض انزيمات هذه المجموعة ديهيدرجينيز الماليك واسمة ترتيبياً malate-(NADP+)-oxidoreductase.

٢- الانزيمات الناقلة : Trans ferases

تقوم بنقل المجموعات من مركب لآخر مثل انزيمان نقل الامين transaminase وانزيمات phospho kinase وانزيمات transacetylase ومن الاسماء العامة aceto kinase الذي يسمي ترتيباً ATP-acetate phospho transferase.

٣- انزيمات التحليل المائي : hydrolase

هي الانزيمات التي تعمل علي تفاعلات التحليل المائي مثل peptidase, phosphatase, amidase ومن الاسماء العامة انزيم الليبيز يسمي ترتيبياً Glycerol ester hydrdase.

٤- الانزيمات النازعة : Lyases

تفكك المركبات دون تدخل لجزيئات الماء اي بدون تحلل مائي قبل الـ fumarase حيث يقوم بنزع عناصر الماء من المالات عكسياً واسمه الترتيبي L-mlate dehydrase وانزيمات نزع ثاني اكسيد الكربون وديكربوكسيليز Decarboxylase.

٥- انزيمات التشابه الضوئي : Isomerase

تقوم بتحول متشابه الى متشابه آخر لمركب عضوي وتقسم الي :

أ- تحول متشابة لأخر : Epimerase

D-5-phospho-xylolse ⟷ D-5-phospho - ribolose

ب- تحول من D الى L : Racemase

D-alanine ⟷ L-alanine

ج- Cis/Trans

Trans Retinene ⟷ CisRetinene

د- Intramolacular ketol

3- phosphor glyceraldehyde ⟷ phosph dihydroxy acetone

هـ- Intramolecular transferase

methyl – malonyl COAS ⟷ Succinyl COAS

٦- انزيمات الربط : Ligases

تقوم بربط جزيئيين معاً باستخدام الطاقة من الروابط الفوسفاتية الغنية بالطاقة والتي تأخذها من ATP.

R + R` + ATP ⟷ R - R` + AMP + P - P

$$ATP + COASH + CH_3\text{-}COOH \longleftrightarrow AMP + P - P + H_3C - \overset{\overset{\displaystyle O}{||}}{C} - SCOA$$

ويقوم بهذا التفاعل انزيم acetate thiokinase واسمة ترتيبياً acetate COASH – Ligase (AMP).

وفى التقسيم الحديث للإنزيمات يعبر عن الانزيم بأربع ارقام: يدل الرقم الأول علي القسم الرئيسي للإنزيم والرقم الثاني يدل علي تحت القسم والثالث يدل علي الفرع والرابع يدل على ترتيب الانزيم.

التقسيم الحديث للإنزيمات : Numering classification

تأخذ الانزيمات شفرة مكونة من اربعة ارقام تدل علي ما يلي:

الرقم الأول يدل علي المجموعة الرئيسية main group for enzyme.

الرقم الثاني يدل علي تحت المجموعة ويعطي فكرة عن ميكانيكية وعمل الانزيم.

الرقم الثالث يدل علي تحت المجموعة بين المجموعة الفعالة ونواتج التفاعل.

الرقم الرابع يدل على ترتيب الانزيم فى تحت المجموعة.

المجموعة الأولي: (١) انزيمات الاكسدة والاختزال (1) Oxidoredutases

الرقم الثاني: (١) : معناة أن الـ donor للإيدروجين عبارة عن الـ (1) : alcohol

(٢) : معناة ان الـ donor للإيدروجين (2) : al dehyde or keton

(٣) : معناة أن الـ donor للإيدروجين (3) : CH – CH group

الرقم الثالث: (١) : معناة ان المستقبل acceptor للإيدروجين هو (1) : NAD or NADP

(٢) : معناة ان المستقبل acceptor للإيدروجين هو (2) : cyt. Fe +++

(٣) : معناة ان المستقبل acceptor للإيدروجين هوالاكسوجين (3) : O_2

الرقم الرابع:

E.C. 1.1.1.1 alcohol dehydrogenase or alcohol: NAD oxidoreductase

$H_3C - CH_2OH$ ⟶ NAD ⟶ $NADH+H^+$

↓

$H3C - C(=O) - N$ أسيتالدهيد

المجموعة الثانية (٢) الانزيمات الناقلة (2) Transferases

الرقم الثاني: (١) : المجموعة المنقولة عبارة عن ذرة كربون واحدة (1) : -C-

(٢) : المجموعة المنقولة عبارة عن الدهيد أو كيتون (2) : $R_2C = O$

(٣) : المجموعة المنقولة عبارة عن استيل (3) : $H_3C - C(=O) - C -$

الرقم الثالث: (١) : ذرة الكربون المنقولة عبارة عن مجموعة ميثايل (1) : ميثايل – CH_3

(٢) : ذرة الكربون المنقولة عبارة عن CH_2OH – كحول أول (2) : كحول أول CH2OH

(٣) : ذرة الكربون المنقولة عبارة عن COOH – كربوكسيل (3) : كربوكسيل COOH

الرقم الرابع :

ينقل مجموعة ميثايل الي الكاتيكول E.C. 2.1.1.6 (catechol methyl transferase)

المجموعة الثالثة (٣) انزيمات التحليل المائي (3) Hydrolases

الرقم الثاني (١) : المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن استر (1) : ester

(٢) : المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن جلوكسيد (2) : Glycoside

(٣) : المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن ايثر (3) : ether

(٤) : المجموعة المفصولة بالتحليل المائي عبارة عن ببتيد (4) :Peptide

الرقم الثالث : (١) : الاستر المفصول عبارة عن استر عادي (1): - C(=O) – O -

(٢) : الاستر المفصول عبارة عن استر كبريتي (2): - C(=O) – S –

(٣) : الاستر المفصول عبارة عن استر فوسفاتي — (3) : - P(=O) – O –

E.C. 3.1.2.1 (Acetyl COA hydrolase) acetyl COA + H_2O ⟶ COASH + acetic

---

المجموعة الرابعة : انزيمات الازاحة والاضافة Lyases

الرقم الثاني (١) : الكسر بين ذرتين كربون — (1) :- C- C

(٢) : الكسر بين ذرة كربون وذرة اكسجين — (2) :- C- O

(٣) : الكسر بين ذرتين كربون وذرة نتروجين — (3) :- C- N

الرقم الثالث (١) : نوع المجموعة المفصولة ثاني اكسيد الكربون — (1) : - CO_2

(٢) : نوع المجموعة المفصولة الدهيد — (2) : - CHO

(٣) : نوع المجموعة المفصولة حامض كيتوني — (3) : - C(=O) – COOH

E.C. 4.1.1.1 (pyruvate decarboxylase) Pyruvic $\xrightarrow{-CO_2}$ acetaldhyde

---

المجموعة الخامسة : انزيمات التشابه الضوئي Isomerases

الرقم الثاني (١) : نوع التشابة — (1) : Racemases D ⟷ L

(٢) : نوع التشابة — (2) : Cis ⟷ Trans

(٣) : نوع التشابة — (3) : Interconversion (oxid. Reduc.)

الرقم الثالث (١) : المركب المتأثر أحماض امينية — (1) : D ⟷ L amino acid

(٢) : المركب المتأثر أحماض دهنية — (2) : D ⟷ L fatty acid

(٣) : المركب المتأثر سكرات احادية — (3) : D ⟷ L Sugars

E.C. 5.1.1.3 (glutamate racemase) D-glutamate ⟶ L-glutamate

المجموعة السادسة : انزيمات التخليق(Ligases (Synthetases

وهذه المجموعة مهمة حيث انها اضيفت كمجموعة مستقلة.

الرقم الثاني (١) : نوع الرابطة المتكونة بين كربون واكسجين — (1) :-C - O

(٢) : نوع الرابطة المتكونة بين كربون وكبريت — (2) :-C – S

(٣) : نوع الرابطة المتكونة بين كربون ونتروجين — (3) :-C – N

الرقم الثالث : (١) : الرابطة المتكونة اميدية amide — (1) : - C(=O) – O – NH2

(٢) : الرابطة المتكونة ببتدية peptide — (2) : - C(=O) – N –

E.C. 6.3.2.4 alanyl - alanyl sysnthetase

2 alanine $\xrightarrow[ADP + Pi]{ATP}$ alanyl – alanine

ومما سبق نجد ان التقسيم الحديث يعطي فكرة عن الانزيم – substrate، طبيعة عمل الانزيم، نوع النواتج – قد يعطي فكرة عن المعاون الانزيمي.

– رقم ٩٩ فى الرقم الثالث يعني ان الانزيم قد اكتشف بعد الترتيب السابق.

- مثال انزيم يحلل الريبوفلافين Riboflavine hydrolase E.C. 3.5. 99.1 يتبع انزيمات التحليل المائي – يحلل رابطة C – N غير ببتيديه – ٩٩ مركبات أخري.
- مثال انزيم يحلل الثيامين Thiamine hydrolase E.C. 3.5.99.2 يتبع انزيمات التحليل المائي – يحلل رابطة C – N – غير ببتيدية – ٩٩ مركبات أخري.

ثانياً : المواد الحاملة للطاقة - التمثيـل الغذائى: Metabolism

يقصد بالتمثيل الغذائى هو عبارة عن مجموعة من العمليات الحيوية (البيوكيميائية) المتتالية التى تتم داخل جسم الكائن الحى على المواد الغذائية المختلفة بواسطة العوامل الانزيمية بغرض الحصول على الطاقة أو بناء الأنسجة وتشمل هذه العمليات نوعين من التفاعلات هما:

- تفاعل الهدم (Catabolism or Exergonic): حيث يتم تكسير المواد الغذائية الرئيسية سواء كانت كربوهيدرات أو بروتينات أو دهون خلال طرق مختلفة من التفاعلات الحيوية الى جزيئات بسيطة ويتم من خلال ذلك الحصول على الطاقة.

$$A \xrightarrow{\textbf{Exergonic}} B + \text{طاقة (Energy)}$$

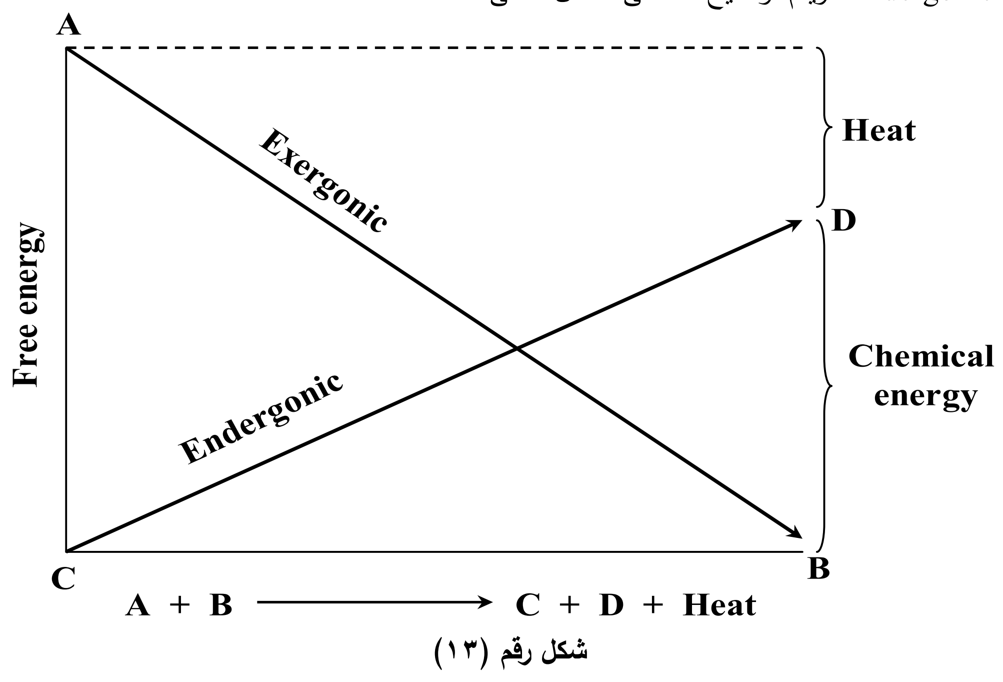
$$\text{Glucose} \xrightarrow{\textbf{Exergonic}} \text{Pyruvic acid} + CO_2 + H_2O + \text{Energy}$$

- تفاعل بناء (Anabolism or Endergonic): الجزيئات البسيطة الناتجة من عمليات الهدم يمكن استخدامها لبناء مواد أكثر تعقيدا خلال سلسلة من التفاعلات الحيوية وذلك لبناء الأنسجة أى ان هذه العملية تحتاج الى طاقة (استهلاك طاقة).

$$C + \text{طاقة (Energy)} \xrightarrow{\textbf{Endergonicc}} D$$

$$\text{Pyruvic acid} + \text{طاقة (Energy)} \xrightarrow{\textbf{Endergonicc}} \text{Glucose}$$

- وهذين التفاعلين (الهدم والبناء) لايحدثا منفردين ولكن يحدث بينهم اتحاد حيث أن الحرارة الناتجة من تفاعل الهدم (الطارد للحرارة) يستفاد بجزء منها لاتمام تفاعل البناء (الماص للحرارة) ويتبقى جزء من الطاقة هذه الطاقة أو الحرارة Heat هى عبارة عن الحرارة الناتجة والمتبقية بعد استخدام جزء من الحرارة الناتجة من تفاعل Exergonic لاتمام تفاعل Endergonic. ويتم توضيح ذلك فى الشكل التالى:



شكل رقم (١٣)

- معظم التفاعلات التى تتم فى الجسم تفاعلات بناء (Anabolism) أى تحتاج الى طاقة. هذه الطاقة يتم الحصول عليها من أماكن تفاعلات الهدم (Catabolism) وبالتالى يستلزم وجود وسيط لنقل هذه الطاقة من أماكن انتاجها الى أماكن الاحتياج اليها وهذه المواد أو المركبات الوسيطية تسمى بنواقل الطاقة Mediating compounds ومن أشهر هذه المركبات مركب **A**denosine **T**ri-**P**hosphate (**ATP**)

تركيب Adenosine Tri-Phosphate, ATP :

تركيب جزىء ATP

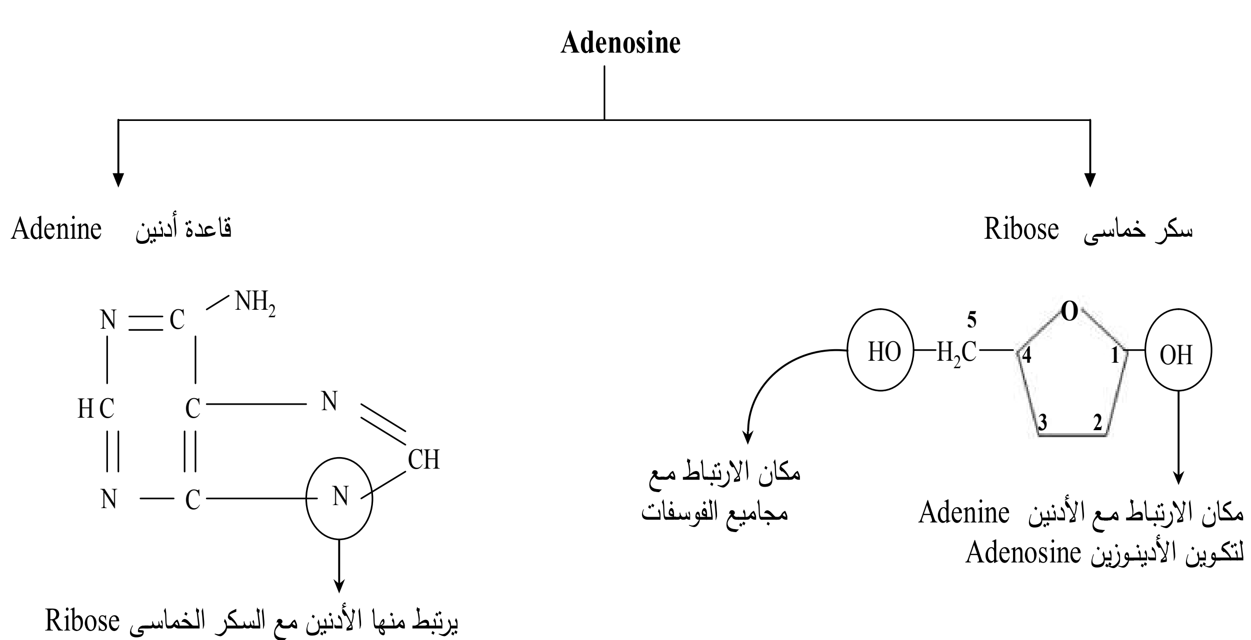
N ═ C ─ NH_2 ; HC, C ─ N ═ CH ; N ─ C ─ N

OH ─ P(═O)(OH) ─ O ~ (13000 cal) P(═O)(OH) ─ O ~ (13000 cal) P(═O)(OH) ─ (2000 Cal) O ─ H_2C ─ (5) ─ 4, O, 1, 2, 3

- هذا المركب ATP يجب الحفاظ على مستواه ثابت فى الجسم وبالتالى هناك مصدرين لانتاج ATP هما:
  ١- مصـدر مباشـر - Direct source
  ٢- مصـدر غير مباشـر - Indirect source

أولا: المصدر المباشر : The direct source

وذلك عن طريق ارتباط Adenosine mono-Phosphate (AMP) و Adenosine Di-Phosphate (ADP) بمركبات عالية فى الطاقة ومن هذه المركبات العالية فى الطاقة كرياتين فوسفات Creatine Phosphate أو فوسفو اينول بيروفات Phospo-enol pyruvate.



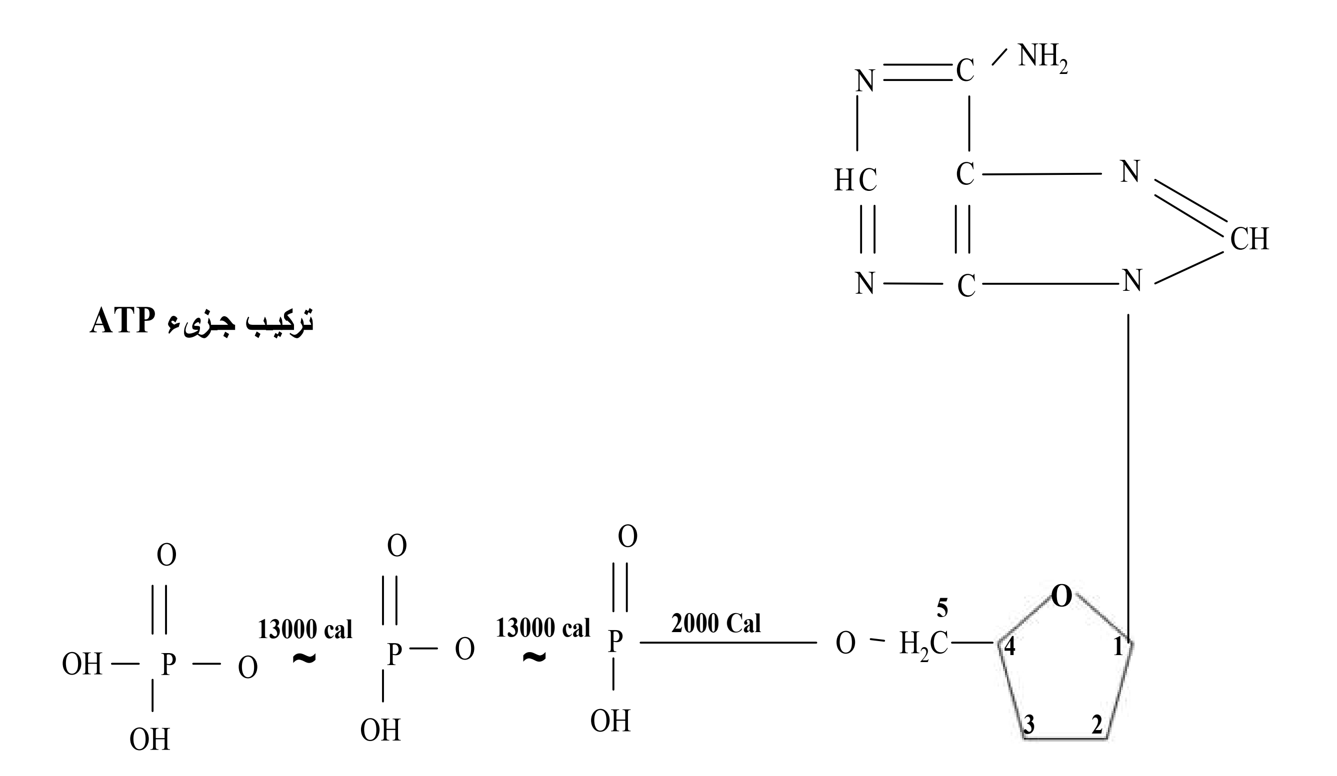
– عند ارتباط قاعدة الأدنين بالسكر الخماسى Ribose عند ذرة الكربون رقم (١) وارتباط مجموعة فوسفات (H_2PO_4) مع مجموعة OH على ذرة الكربون رقم (٥) تتكون رابطة عادية طاقتها ٢٠٠٠ كالورى وفى هذه الحالة يتكون جزىء Adenosine Mono-Phosphate (AMP).

تركيب جزىء AMP

– وعندما يرتبط جزىء AMP مع مركب عالى فى الطاقة مثل كرياتين فوسفات Creatine Phosphate أو فوسفو اينول بيروفات Phospo-enol pyruvate. ترتبط مجموعة الفوسفات فى AMP مع مجموعة OH الموجودة فى المركب عالى الطاقة ويتكون Adenosine Di-Phosphate (ADP) وجزىء ماء والرابطة المتكونة (~) تكون مرتفعة الطاقة ١٣٠٠ كالورى.

تركيب جزىء ADP

– وبنفس الاسلوب السابق فى تكوين ADP يتكون مركب ATP حيث يتحد مركب عالى فى الطاقة مع مركب ADP ويتكون Adenosine Tri-Phosphate (ADP) وجزىء ماء والرابطة المتكونة (~) تكون مرتفعة الطاقة ١٣٠٠ كالورى.



ويمكن تلخيص خطوات انتاج ATP بالطريقة المباشرة فيما يلى:

$$\text{Ribose} + \text{Adenine} + H_2PO_4 \longrightarrow \textbf{AMP}$$

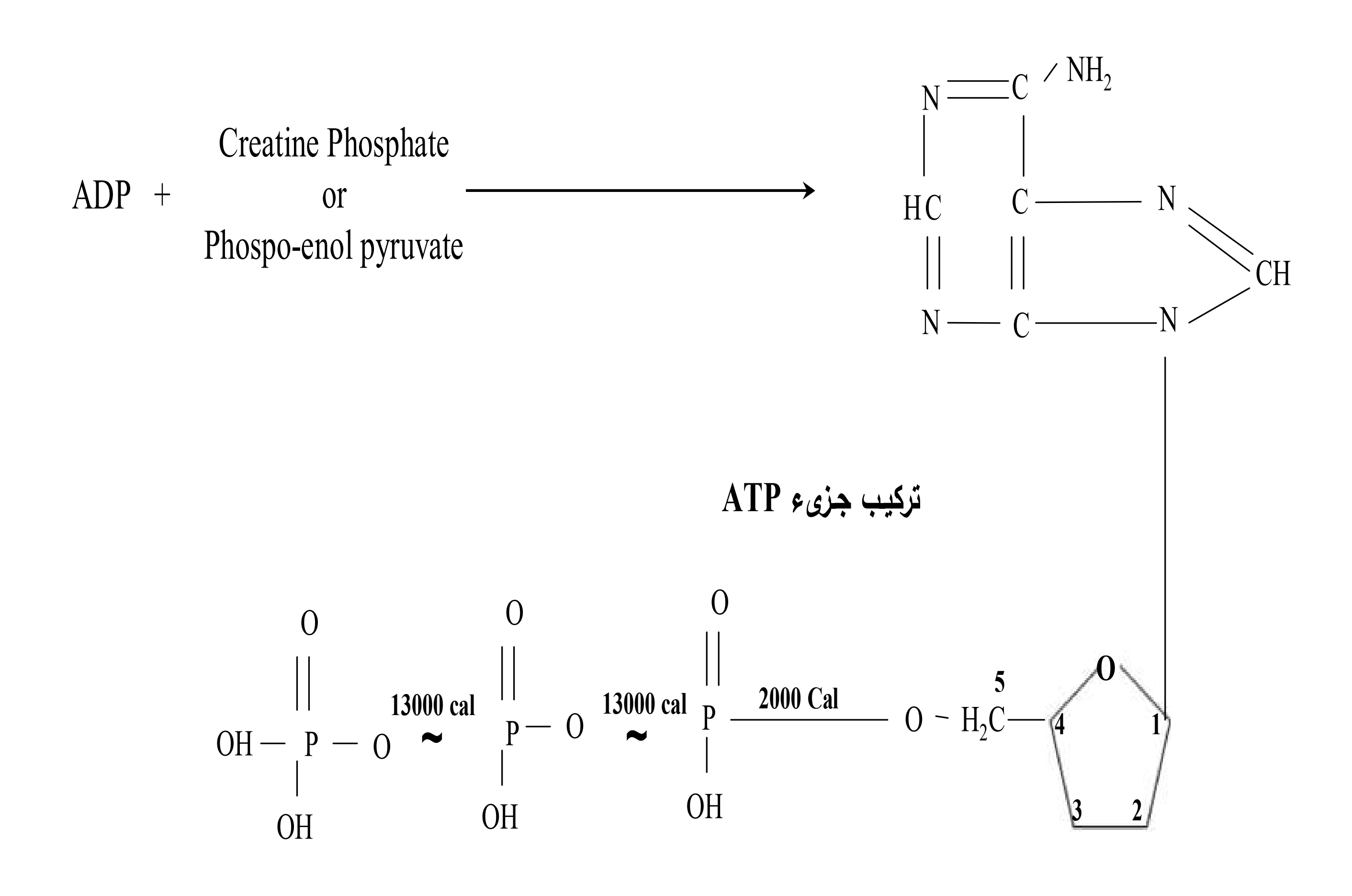
N — C — NH_2
HC — C — N — CH
N — C — N

O
OH — P — 2000 Cal — O — H_2C (5) — 4, O, 1, 2, 3
OH

AMP + Creatine Phosphate or Phospo-enol pyruvate ⟶

تركيب جزىء ADP

OH — P — O ~ (13000 cal) P — (2000 Cal) — O – H_2C



التحليل المـائى لـ ATP:

يعتبر التحليل المائى لـ ATP من تفاعلات الهدم (Catabolism or Exergonic reactions) حيث أن تكسير ATP ينتج عنه طاقة ويتضح ذلك مما يلى:

كسر

Adenosine — P ~ P ~ P **(ATP)** + H_2O ⟶ Adenosine — P ~ P **(ADP)** + P_i + 13000 kal

كسر

Adenosine — P ~ P **(ADP)** + H_2O ⟶ Adenosine — P **(AMP)** + P_i + 13000 kal

كسر

Adenosine — P **(AMP)** + H_2O ⟶ Adenosine + P_i + 2000 kal

- عند تفاعل ATP مع الجلوكوز ينتج جلوكوز- ٦ – فوسفات و ADP وفى هذا التفاعل ينطلق من الـ ATP ١٣٠٠٠ كالورى (١٣ كيلو كالورى) يتم استهلاك (٥ كيلو كالورى) لتكوين جلوكوز- ٦ – فوسفات فيتبقى (٨ كيلو كالورى) فى صورة طاقة حرة. وبالتالى عند دخول ATP فى أى تفاعل فان (٨ كيلو كالورى) تنطلق فى صورة طاقة حرة.

١ كيلو كالورى = ٤.١٨٤ كيلو جول

٨ كيلو كالورى = ٣٣.٥ كيلو جول

أى أنه عند دخول ATP فى أى تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها (٨ كيلو كالورى) هذه الطاقة تعادل (٣٣.٥ كيلو جول).

ثانيا: المصدر غير المباشر: The indirect source

وهذه الطريقة لانتاج ATP تتم عن طرق الأكسدة البيولوجية (Biological oxidation) أو الأكسدة الفوسفورية (Oxidative phosphorylation) فى الجسم وهى عبارة عن أكسدة أى مركب يحتوى على ذرتى هيدروجين من الصورة المختزلة الى الصورة المؤكسدة حيث يتم نزع الهيدروجين (H_2) ثم تتم على هذا الهيدروجين عمليه التأين (Ionization) بواسطة مركب الـ Quinone فيصبح الهيدروجين فى الصورة المتأينة ($2H^+$) ثم يرتبط هذا الهيدروجين المتأين مع الأكسجين الأيونى (O^{--}) لتكوين جزىء ماء الذى يتكون فى نهاية التفاعل وليس بمجرد نزع الهيدروجين من المادة التى سوف يتم اكسدتها كما يلى:

AH_2 ⟶ **A + H_2O**

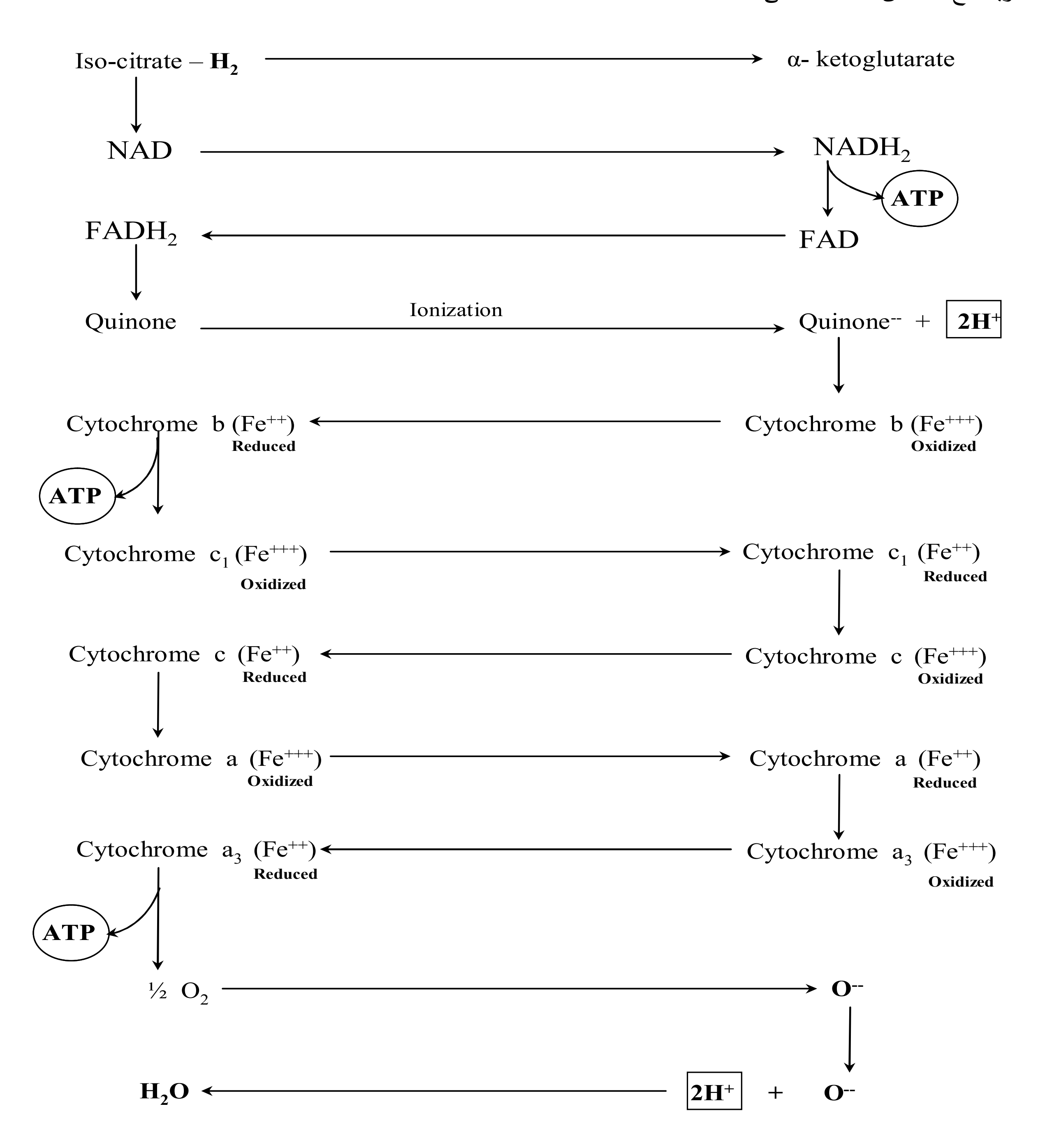
1- Dehydrogenase
2- NAD
3- FAD
4- Quinone, $H_2 \xrightarrow{\text{Ionization}} 2H^+ + 2e^-$
5- Cytochrome
   - Cytochrome b
   - Cytochrome c_1
   - Cytochrome c
   - Cytochrome a
   - Cytochrome a_3
6- $O^{--} + 2H^+ \longrightarrow$ H2O

١- انزيم Dehydrogenase يقوم بنزع الهيدروجين فى الصورة (H_2) من المادة المختزلة (AH_2).
٢- كلا من NAD و FAD تعمل على حمل الـ H_2
٣- Quinone يقوم بعملية التأين (Ionization) للهيدروجين (H_2) فيصبح فى الصورة المتأينة ($2H^+$)

$$H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$$

٤- السيتوكروم Cytochrome وظيفته الأساسية هى حمل الألكترونات الناتجة من عملية التأين التى قام بها Quinone وهذه الالكترونات يجب التخلص منها. فالسيتوكروم فى الوضع الطبيعى يدخل فى تركيبه الحديديك (Fe^{+++}) وعندما يكتسب الالكترونات من الـ Quinone يتحول الى حديدوز (Fe^{++}) وبالتالى فان الصورة (Fe^{++}) هى الحاملة للالكترونات المراد التخلص منها.
٥- يكتسب الأكسجين (O_2) هذه الالكترونات ($2e^-$) ويتحول الى الأكسجين الأيونى (O^{--}) الذى يرتبط مع الهيدروجين المتأين $2H^+$ فيتكون جزىء الماء (H_2O) فى نهاية التفاعل.

ويتضح ذلك من المثال التالـى:



- واتضح أن نظام الأكسدة الفوسفورية فى الجسم ينتج عنه طاقة كلية = ٦٠.٥٤٧ كيلو كالورى. هذه الطاقة الكلية الناتجة يذهب منها ٣٦.٥ كيلو كالورى لعملية التأين ($2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2$) ويتبقى حوالى ٢٤ كيلو كالورى. وكما سبق فى تخليق أو انتاج مركب ATP من المصدر المباشر أن كل واحد مول ATP عند تفاعله فى أى نظام تنتج طاقة حرة مقدارها ٨ كيلو كالورى. أى أن الطاقة المتبقية والناتجة من نظام الأكسدة الفوسفورية (٢٤ كيلو كالورى) تكون كافية لانتاج ٣ مول من مركب الـ ATP كما هو واضح فى مثال الأكسدة الفوسفورية.
- عدد مولات الـ ATP الناتجة من الأكسدة البيولوجية أو الأكسدة الفوسفورية فى الجسم ٣ مول ATP.
- ومما سبق فى الطريقة المباشرة لتخليق واحد مول ATP ينتج عنه طاقة حرة مقدارها ٨ كيلو كالورى.
- اذن كمية الطاقة الناتجة من الأكسدة البيولوجية أو الأكسدة الفوسفورية = ٣ x ٨ = ٢٤ كيلو كالورى.

- يتضح من الأكسدة البيولوجية أن أى مركب يدخل فيه $NADH_2$ ليتحول الى NAD ينتج عنه ٣ مول ATP.

$$NADH_2 + \frac{1}{2} O_2 + 3ADP + 3\ PO4^{---} \longrightarrow NAD + 3ATP + H_2O$$

- بينما أى مركب يدخل فيه $FADH_2$ ليتحول الى FAD ينتج عنه ٢ مول ATP.

$$ADH_2 + \frac{1}{2} O_2 + 2ADP + 2\ PO4^{---} \longrightarrow FAD + 2ATP + H_2O$$

(١) التمثيل الغذائى للكربوهيدرات

– تعتبر المواد الكربوهيدراتية من أكثر المواد العضوية انتشارا فى الطبيعة، فهى أساس لكل المركبات الأساسية الأخرى لأنها المادة الأولية التى تتكون فى النبات من خلال عملية البناء الضوئى والتى تعتبر اساس الحياة فى الكون كله حيث أن النبات من خلالها يكون كل ما يحتاج من المواد الأساسية الأخرى (بروتينات ، ليبيدات ، فيتامينات ، هرمونات ، .... الخ) ويأتى الحيوان فيتغذى على النبات ثم يأتى الانسان يتغذى على الاثنين ومن ثم فان حلقة الحياة أساسها البناء الضوئى.

– وتعتبر الكربوهيدرات مادة الطاقة الأساسية والتركيب الكيميائى لها يشمل مجموعة من المركبات البسيطة والعديدة كما سبق ذكره ، ومنها ماهو قابل للهضم والتمثيل الغذائى ومنها ايضا ما هو غير قابل للهضم ، فعلى سبيل المثال من المواد الكربوهيدراتية القابلة للهضم النشا ، حيث يهضم فى الجهاز الهضمى الى سكر الجلوكوز ثم بعد ذلك يدخل الجلوكوز فى عمليات التمثيل الغذائى فى الخلايا متحولا الى ثانى أكسيد الكربون ، ماء وطاقة. وهناك وظائف أخرى للكربوهيدرات منها انها تشترك مع البروتينات فى بناء الأحماض النووية وايضا تدخل الكربوهيدرات فى تركيب الفيتامينات مثل فيتامين Cوفيتامين B_2 وبعض الهرمونات ومعاونات الانزيمات (Co-enzymes). وتوجد المواد الكربوهيدراتية فى الحيوان بنسبة قليلة فى شكل جليكوجين (النشا الحيوانى) في الكبد (Liver) ، أما فى الدم (Blood) فتوجد فى شكل سكر الجلوكوز.

في الأمعاء الدقيقة يتم امتصاص السكرات الأحادية مباشرة في تيار الدم. وتتحكم ثلاثة هرمونات في مستوي سكر الدم هي هرمونات : الأنسولين insulin والجلوكاجون glucagons والإيبينفرين epinephrine. فعند ارتفاع مستوي الجلوكوز في الدم بقوم البنكرياس بإفراز هرمون الأنسولين الذي ينظم عملية نقل الجلوكوز لخلايا الجسم المختلفة وخاصة خلايا الكبد والعضلات ، كما يشجع باقي خلايا الجسم علي استقبال وتمثيل الجلوكوز ليقلل من مستواه في الدم.

في الكبد والعضلات يتم تحويل معظم الجلوكوز إلي جليكوجين فيما يعرف بعملية glycogenesis ويظل الجليكوجين مخزن في الكبد والعضلات، وحين يقل مستوي الجلوكوز في الدم يتم افراز هرموني الجلوكاجون والإيبينفرين التي تنظم وتشجع عملية تحويل الجليكوجين إلي جلوكوز مرة أخري فيما يسمي بعملية glycogenolysis.

وعند دخول الجلوكوز للخلايا وحاجة الخلايا للطاقة يتم سريعا دخوله في دورة التمثيل اللاهوائي التي تسمي بعملية glycolysis التي تعطي في النهاية حمض البيروفيك وجزيئات الطاقة ATP.

ولكن الطاقة الناتجة من دورة التمثيل اللاهوائي glycolysis قليلة لذا يتم بعد ذلك تحويل حامض البيروفيك الناتج النهائي لهذه الدورة إلي مركب الأسيتيل قرين أ acetyl Co A الذي يدخل بدوره إلي دورة حامض الستريك Citric acid cycle التي تنتج كمية كبيرة من الطاقة (ATP).

في العضلات أثناء النشاط العضلي يتم تحويل البيروفيك إلي حمض لاكتيك بمعدلات أكبر من تحوله إلي مركب الأسيتيل قرين أ acetyl Co A، وفي اوقات الراحة العضلية أي عدم ممارسة النشاط يتم تحويل حمض اللاكتيك مرة أخري إلي حمض البيروفيك والذي يتحول بدوره إلي جلوكوز مرة أخري فيما يعرف بعملية gluconeogenesis. وفي حالة عدم الحاجة إلي الجلوكوز يتم تحويله إلي جليكوجين ليخزن من خلال عملية glycogenesis.

(١) التمثل الغائي للكربوهيدرات لإنتاج الطاقة فى الحيوانات وحيدة المعدة (Monogasteric animals)

– تعتمد الخلايا الحية للمحافظة علي حياتها على مجموعة معقدة من التفاعلات الحيوية ومنها التفاعلات الخاصة بتمثيل المواد الكربوهيدراتية والتى تلعب دوراً هاماً لامداد الخلايا بالطاقة اللازمة لنشاطها وكذلك بناء بعض المواد الحيوية التى يدخل فى تركيبها بعض المركبات الكربوهيدراتية ، وسوف نركز فى الجزء التالى على تفاعلات انتاج الطاقة. ويعتبر سكر الجلوكوز هو المصدر الأساسى للطاقة بالنسبة للحيوانات وحيدة المعدة (الدواجن) وللحصول على الطاقة من سكر الجلوكوز يتم ذلك على مرحلتين متتاليتين:

١ – المرحلة الأولى:

تتم هذه المرحلة فى ظروف لاهوائية (Anaerobic conditions) وينتج عن هذه المرحلة حامض البيروفيك وطاقة وتسمى هذه المرحلة بالـ Glycolysis. وتتضمن دورة الـ Glycolysis عدة تفاعلات تتم بواسطة بعض الانزيمات المتخصصة ، ويتم خلال هذه الدورة :

١– استهلاك ٢ جزئ من مركبات الطاقة (2 ATP) وذلك لفسفرة سكر الجلوكوز

٢– انتاج ٢ جزئ ATP بواسطة عملية فسفرة ٢ جزئ ADP لكل جزئ حمض بيروفيك ، وعلى هذا يكون الناتج من عملية الفسفرة ٤ جزيئات من ATP لكل جزئ جلوكوز

٣– يكون ناتج عملية الفسفرة انتاج ٢ جزئ ATP كما فى المعادلة التالية: Glucose (6C) → 2 pyruvate (3C)

2 ATP + 4 ADP + 2 Pi → 2 ADP + 4 ATP (phosphorylation)

Glucose + 2 ADP + 2 Pi → 2 pyruvate + 2 ATP (Net reaction)

٤– يتم انتاج جزئ NADH2 لكل جزئ حمض بيروفيك (٢ لكل جزئ جلوكوز)

تفاعلات دورة Glycolysis

يمكن تلخيص دورة glycolysis كتفاعلات حيوية فى الخطوات الآتية:-

أولاً: تفاعلات تحويل الجلوكوز الى جلسرالدهيد -٣- فوسفات:

يتم تحويل الجلوكوزالى الجلسرالدهيد من خلال خمس تفاعلات يتم خلالها استهلاك ٢ جزئ من مركبات الطاقة ATP.

١- الخطوة الأولى: الفسفرة Phosphorylation

يتم فيها فسفرة جزئ الجلوكوز باستهلاك جزئ من ATP ليعطى جلوكوز-٦- فوسفات وعملية الفسفرة تحتاج الى طاقة اى انه تفاعل Endergonic وعملية تحليل ATP هى تفاعل Exergonic.

Glucose + P_i + → glucose -6- phosphate + H_2O (Endergonic reaction)

G^{01} = 13.8 KJ mol^{-1} = 3.3 Kcal mol^{-1}

The hydrolysis of ATP is exergonic.

ATP + H_2O → ADP + P_i

G^{01} = -30.5 KJ mol^{-1} = -7.3 Kcal mol^{-1}

Glucose + ATP → gluscose -6- phosphate + ADP + H_2O

G^{01} = 13.8 (-30.5) = -16.7 Kcal mol^{-1} = - 4.0 Kcal mol^{-1}

ونجد ان التفاعلين متلازمين والانزيم الخاص بهذه العملية هو Hexokinase وكلمة Kinase تعنى ان الانزيم متخصص لنقل الفوسفات من ATP مادة التفاعل (Substrate) و Hexo تعنى ان مادة التفاعل هى سكر سداسى (جلوكوز – فراكتوز – مانوز) ويسمى الانزيم Glucokinase اذا كان مادة التفاعل هى الجلوكوز اى هو انزيم متخصص لفسفرة الجلوكوز باستخدام ATP.

٢- الخطوة الثانية: Isomerization

وفيها يحدث تحويل جلوكوز-٦- فوسفات الى فركتوز -٦- فوسفات اى تحدث عملية Isomerization والانزيم المتخصص لاتمام هذا التفاعل هو Glucosephosphate Isomerase حيث ذرة الكربون رقم واحد (C – 1) فى الجلوكوز-٦- فوسفات هى مجموعة الالدهيد يتم اختزالها الى مجموعة هيدروكسي وذرة الكربون رقم ٢ (C – 2) يتم اكسدتها الى مجموعة كيتون ليعطى فركتوز – ٦- فوسفات

٣- الخطوة الثالثة: Phosphorylation

فى هذه العملية يستهلك جزئ آخر من ATP لتحويل الفركتوز-٦- فوسفات الى فركتوز ١و٦ ثنائى الفوسفات وهذا التفاعل Endergonic حيث يتلازم مع تفاعل Exergonic الخاصة بتحليل ATP لاعطاء مجموعة فوسفات للفركتوز-٦- فوسفات ليتحول الى فركتوز ١و٦ ثنائى فوسفات. بعد تكوين الفركتوز ١و٦ داى فوسفات من السكر الاصلى لا يكون هناك مسارات اخرى لهذا المركب سوا الدخول الى دورة الـ Glycolysis والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Phosphofructokinase وهو من الانزيمات المنظمة لهذه الدورة وكذلك يلعب ATP دوراً منظم لهذا التفاعل حيث عند وجوده بتركيز عالى (ATP) يتم تثبيط هذا التفاعل ، وينشط التفاعل فى مستوى منخفض من ATP حيث ان المستوى المرتفع منه (ATP) فى الخلايا يعتبر مصدر مباشر للطاقة اللازمة للعمليات الحيوية فى الخلية وعلى هذا لاتحتاج الخلايا لنقل الجلوكوز لاستخدمه كمصدر للطاقة ، ولهذا فالتركيز العالى من ATP يثبط دورة الـ Glycolysis.

٤- الخطوة الرابعة: Cleavage

فى هذه الخطوة تحدث علمية انقسام لجزئ الفركتوز ١و٦ ثنائى الفوسفات الى مركبين كلاً منهما مكون من ثلاث ذرات كربون هما جلسرالدهيد -٣- فوسفات و داى هيدروكسى اسيتون فوسفات. وهذا التفاعل عكسى والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Aldolase وهذا الانزيم تم فصلة من معظم الانسجة الحيوانية.

٥- الخطوة الخامسة: Isomerziation

فى هذه الخطوة يتم تحويل جزئ داى هيدروكسى اسيتون فوسفات الناتج من الخطوة الرابعة الى المركب الأول وهو جلسرالدهيد -٣- فوسفات والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Triosephosphate isomerase ونجد ان جزئ واحد من جلسرالدهيد ٣-فوسفات ينتج بواسطة انزيم Aldolase والجزء الثانى يتم انتاجة بواسطة انزيم Isomerase وعلى ذلك جزء الجلوكوز ينتج منه جزئين من جلسرالدهيد -٣- فوسفات.

ثانياً : تفاعلات تحويل جلسرالدهيد – ٣- فوسفات الى بيروفات :

٦- الخطوة السادسة: الاكسدة Oxidation and phosphorylation

وتحدث فى هذه الخطوة عملية اكسدة وفسفرة لجزئ جلسر الدهيد -٣- فوسفات ليتحول الى ١و٣ داى فوسفات جلسرات والانزيم المتخصص لهذا التفاعل هو Glyceraldehyde -3- phosphate dehydrogenase ويعتبر هذا الانزيم اهم انزيمات هذه الدورة حيث يتم انتاج اول المركبات المنتجة للطاقة خلال هذه الدورة ($NADH_2$) ويلاحظ كذلك حدوث نقل مجموعة فوسفات ايونية الى مجموعة الكربوكسيل عند C – 1 وهذا المركب المحتوى على مجموعتى فوسفات

من المركبات عالية الطاقة. ويحدث كذلك نقل الالكترونات من جلسرالدهيد –٣– فوسفات الى NAD^+ واختزالة الى $NADH_2$.

٧– **الخطوة السابعة: نقل مجموعة الفوسفات وحدوث الفسفرة Transfer of a phosphate group**

فى هذه الخطوة يتم نقل مجموعة فوسفات واحدة من مركب ١و٣ داى فوسفوجلسريدات ليتحول الى ٣– فوسفوجلسرات وفى هذه الخطوة يتم انتاج جزئ ATP ويقوم انزيم Phosphoglycerate Kinase بنقل مجموعة الفوسفات الى جزئ ADP. ونلاحظ ان الطاقة الحرة لتكوين ATP تساوى (-30.5 KJ/mol) والطاقة الحرة لمركب ١ و ٣ داى فوسفوجلسرات تساوى (- 49.3 KJ/mol) وعلى هذا فهى تكفى وتزيد لانتاج جزئ ATP من ADP. وفى هذه المرحلة من دورة الـ Glycolysis نلاحظ ان الناتج من ATP يساوى صفر حيث انه تم استهلاك عدد ٢ جزئ من ATP لكل مول من الجلوكوز حتى مرحلة انتاج ٢ جزئ سكر ثلاثى $(2\ C_3)$ وناتج هذه الخطوة انتاج جزئ من ATP من كل جزئ سكر ثلاثى او انتاج ٢ مول ATP من جزئ واحد جلوكوز.

٨– **الخطوة الثامنة: Isomerization**

يتم تحويل مركب ٣– فسفوجلسرات الى مركب ١– فوسفوجلسرات اى حدوث انتقال مجموعة الفوسفات من ذرة الكربون رقم ٣ الى الذرة رقم ٢ بواسطة انزيم Phosphoglyceromutase اى تعتبر هذه الخطوة اعداد للمركب العالى فى الطاقة.

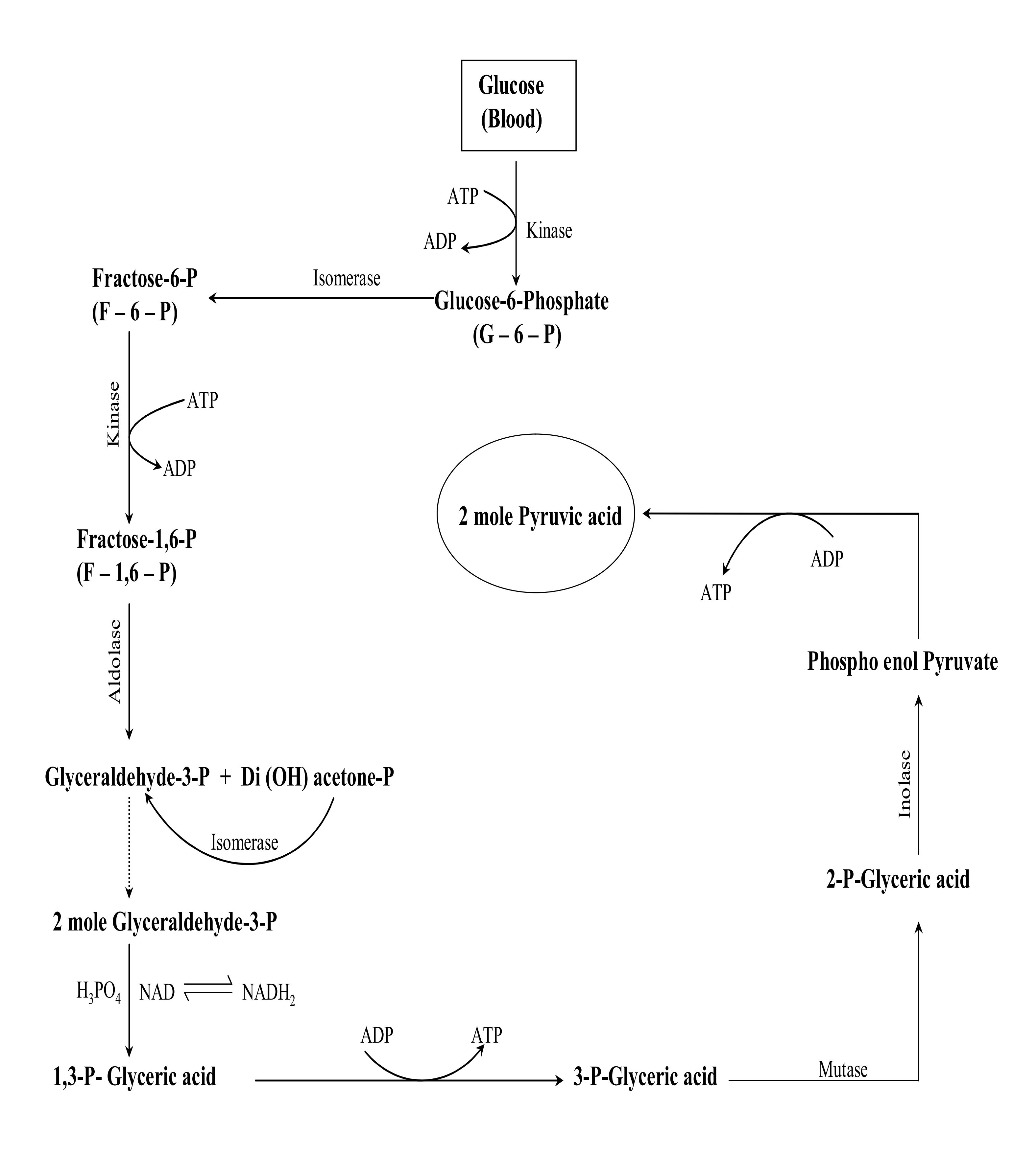
٩– **الخطوة التاسعة: Dehydration**

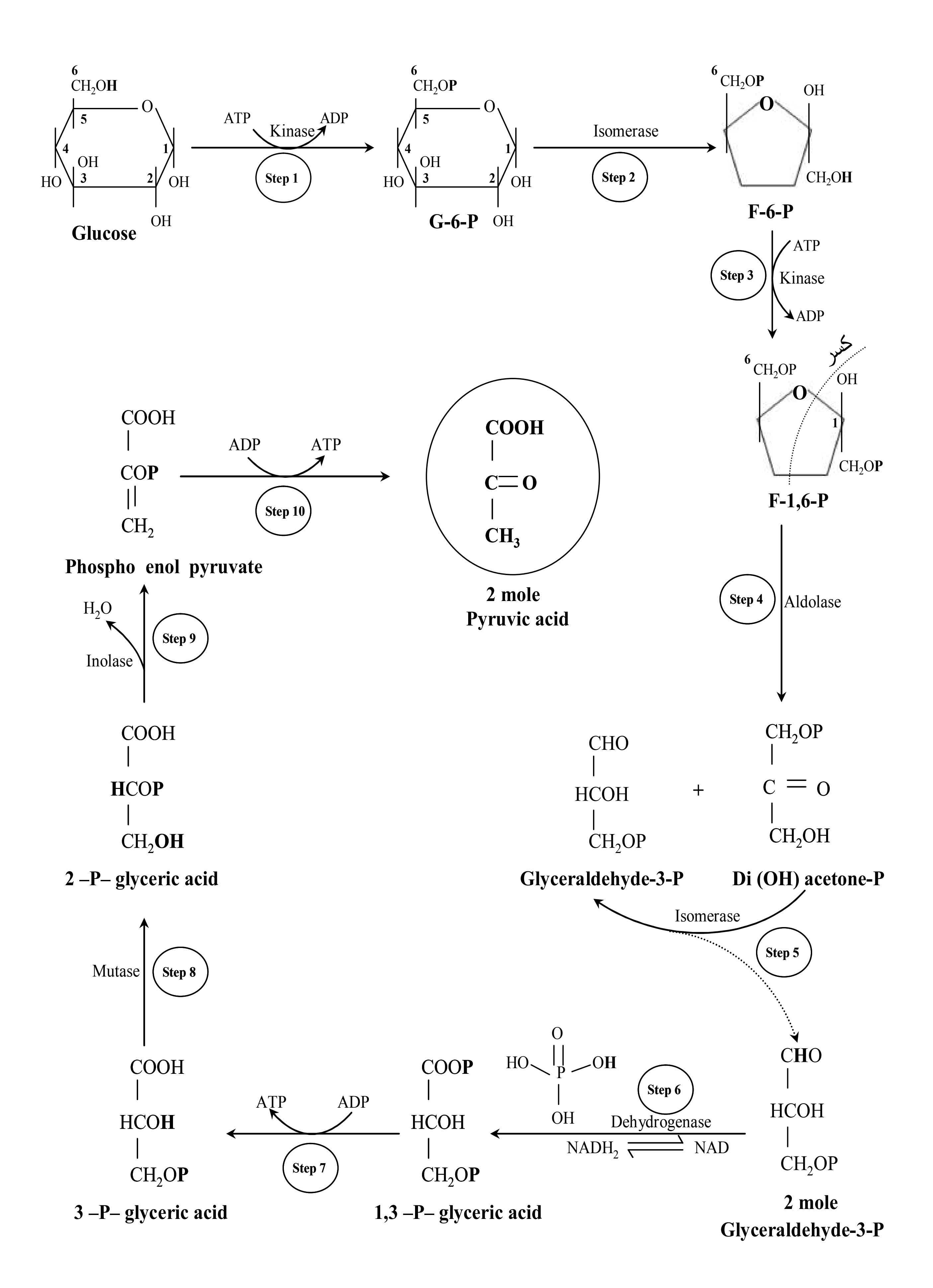
يتم فى هذا التفاعل نزع جزئ ماء من ٢– فوسفوجلسرات ليتحول الى فوسفواينول بيروفات ، وهو مركب ذو محتوى عالى فى الطاقة ويتم هذا التفاعل بواسطة انزيم Enolase وهذا التفاعل نزع ماء وليس فيه نقل لاى الكترونات ويتم بنزع H و OH من ذرة الكربون α , B على التوالى لتكوين جزئ ماء من ٢– فوسفوجلسرات ، والطاقة الحرة لمركب ٢– فوسفوجلسرات تساوى -15.6 KJ/mol وتساوى (-61.9 KJ/mol) لمركب فوسفواينول بيروفات (PEP) وعلى هذا فهو مركب غير ثابت لكبر الطاقة الحرة له.

١٠– **الخطوة العاشرة: Transfer of a phosphate group**

فى هذه الخطوة يتم نقل مجموعة الفوسفات من مركب فوسفواينول بيروفات (PEP) الى ADP وانتاج جزئ من ATP ليتحول هو الى حامض البيروفك ويتم هذا التفاعل بواسطة انزيم Pyruvate Kinase ويتم ايضاً نقل الرابطة الزوجية الى الاكسجين الموجود فى ذرة الكربون رقم ٢ وكذلك نقل الهيدروجين الى ذرة الكربون رقم ٣ والتفاعل منتج للطاقة ، ويقل معدل تحويل PEP الى حامض البيروفيك عند زيادة محتوى الخلية من ATP.

المرحلة الأولى أوالمرحلة اللاهوائية Glycolysis :





6
CH2OH
O
5
4
1
OH
HO
3
2
OH
OH
Glucose
ATP
Kinase
ADP
Step 1
6
CH2OP
O
5
4
1
OH
HO
3
2
OH
OH
G-6-P
Isomerase
Step 2
6
CH2OP
OH
O
CH2OH
F-6-P
ATP
Step 3
Kinase
ADP
كسر
6
CH2OP
OH
O
1
CH2OP
F-1,6-P
Step 4
Aldolase
CH2OP
C = O
CH2OH
Di (OH) acetone-P
CHO
HCOH
CH2OP
Glyceraldehyde-3-P
+
Isomerase
Step 5
CHO
HCOH
CH2OP
2 mole
Glyceraldehyde-3-P
O
HO
P
OH
OH
Step 6
Dehydrogenase
NADH2
NAD
COOP
HCOH
CH2OP
1,3 –P– glyceric acid
ATP
ADP
Step 7
COOH
HCOH
CH2OP
3 –P– glyceric acid
Mutase
Step 8
COOH
HCOP
CH2OH
2 –P– glyceric acid
H2O
Step 9
Inolase
COOH
COP
CH2
Phospho enol pyruvate
ADP
ATP
Step 10
COOH
C = O
CH3
2 mole
Pyruvic acid

مسارات حمض البيروفك Fate of pyruvaic acid:

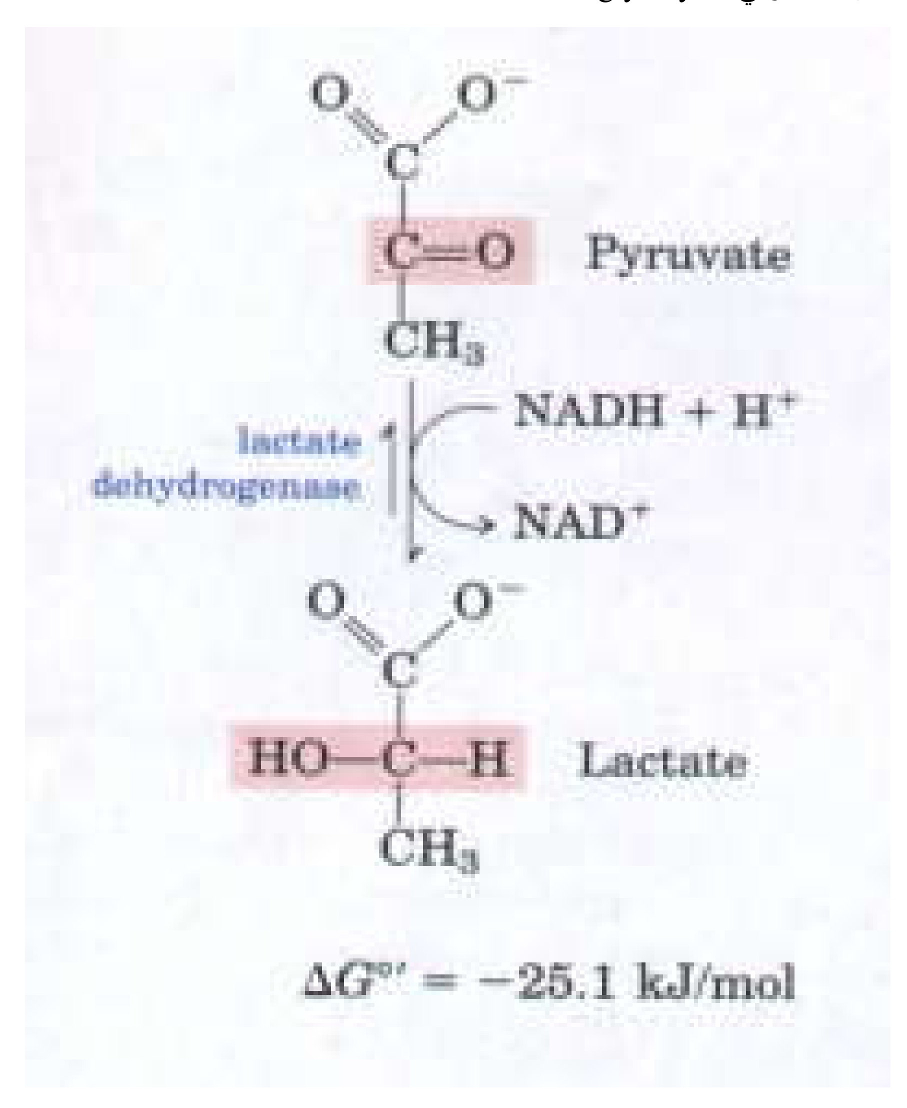
تتوقف المسارات التي سيتخذها حمض البيروفك الناتج من دورة التمثيل اللاهوائية glycolysis علي أساس الظروف الخلوية:

١- في الظروف اللاهوائية:

أ- يتحول البيروفيك إلي حمض اللاكتيك:

ويحدث ذلك عند عدم توافر الأكسجين بالقدر الكافي وبمساعدة انزيم lactate dehydrogenase وفي وجود قرين الإنزيم NADH. ويتم ذلك في العضلات وأيضا في كرات الدم الحمراء حيث يعتبر اللاكتيك الناتج الرئيسي للتمثيل الغذائي في هذه الخلايا.

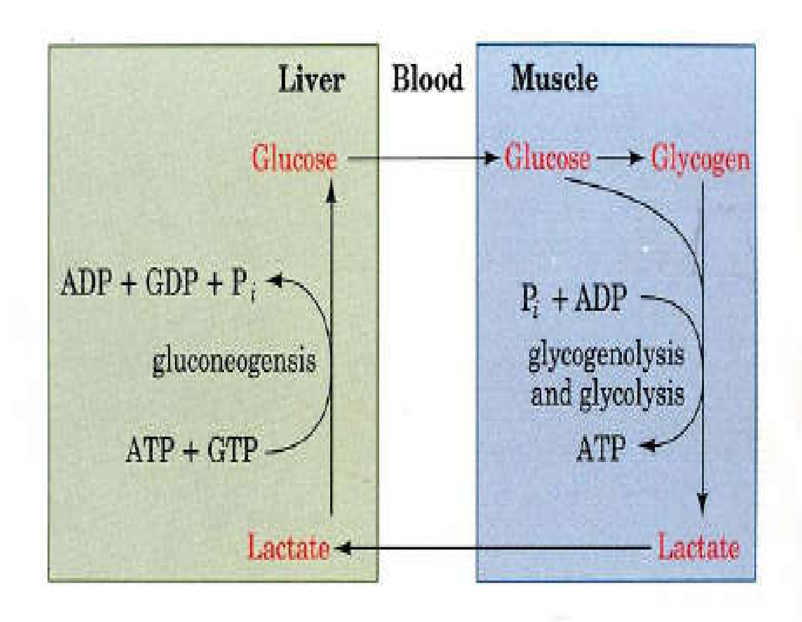
ونتيجة لتراكم حمض اللاكتيك بحدث انخفاض لدرجة pH مما يثبط انزيم phosphofructokinase مما يؤدي إلي ابطاء معدل حدوث دورة التمثيل اللاهوائي glycolysis



وبعد التمرينات العضلية ينتشر حمض اللاكتيك في الدم والكبد، ويحدث بعد ذلك أكسدة لحمض اللاكتيك في وجود NAD في خطوة عكسية للتفاعل السابق ويتحول مرة أخري إلي حمض البيروفيك.

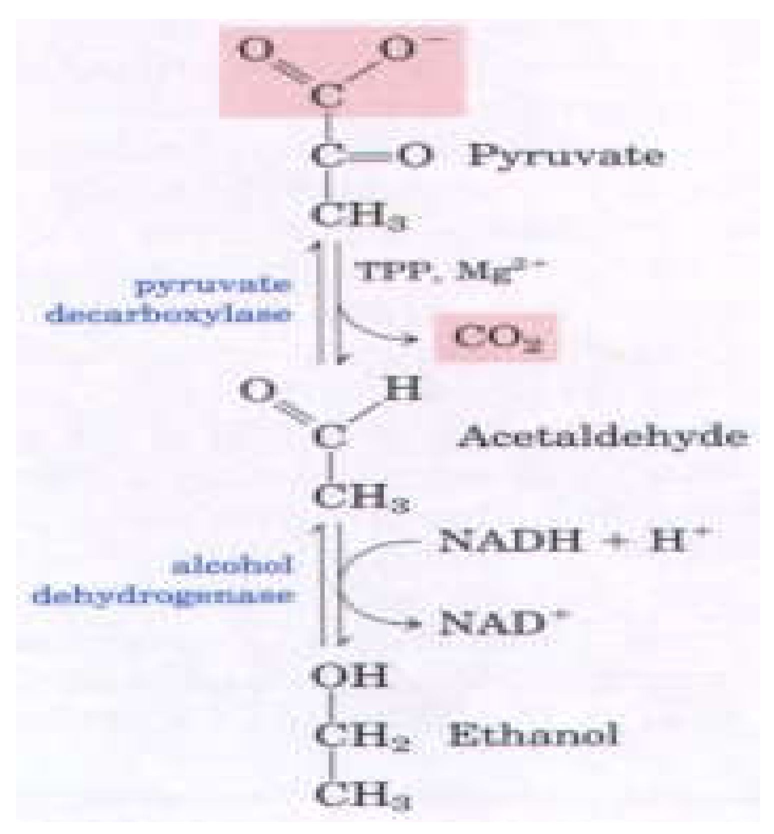
- يحدث تحول للبيروفيك واللاكتيك من خلال عملية gluconeogensis إلي جلوكوز في خلايا الكبد والذي يخرج بدوره إلي تيار الدم متجها إلي العضلات مرة أخري حيث يعود ويتحول تحت الظروف اللاهوائية إلي حمض اللاكتيك فيما يعرف بدورة كوري Cori cycle.

Cori Cycle



٢ – تحول البيروفيك إلي إيثانول:

ويحدث هذا النوع من التحول في الظروف اللاهوائية في الخمائر والكائنات الدقيقة.



ويتم هذا التفاعل علي خطوتين حيث يتم أولا نزع لمجموعة الكربوكسيل من حمض البيروفيك بانزيم pyruvate decarboxylase لينتج مركب الأسيتالدهيد، أما في الخطوة الثانية فيحدث اختزال لمركب الاسيتالدهيد في وجود مركب NADH بواسطة انزيم alcohol dehydrogenase.

٢- في الظروف الهوائية يتحول البيروفيك إلي أستيل قرين أ :

ويعتبر هذا المسار هو المسار الرئيسي لحمض البيروفيك الناتج من دور الأكسدة اللاهوائية glycolysis حيث يتحول البيروفيك إلي مركب أسيتيل قرين أ الذي يدخل مباشرة يدوره إلي دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل التي تعرف أيضا بدورة حمض الستريك وفيما يلي توضيح لخطوات هذه الدورة:

تفاعلات دورة TCA أو دورة حامض الستريك Citric acid :

تتم هذه المرحلة فى ظروف هوائية (Aerobic conditions) ويدخل فيها حامض البيروفيك الناتج من الظروف اللاهوائية (Glycolysis) وينتج عن هذه المرحلة ثانى أكسيد الكربون ، ماء وطاقة من خلال دورة حامض الستريك (Citric acid). كما أن لهذه الدورة أسماء شائعة اخرى مثل Krebs cycle نسبة الى أول مكتشف لها Hans Krebs (الحاصل على جائزة نوبل ١٩٥٣). وكذلك تسمى بدورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل **T**ri-**C**arboxylic **A**cid cycle (TCA) نسبة الى أن بعض الأحماض الناتجة من خلال هذه الدورة تحتوى على ثلاث مجاميع كربوكسيل.

فى الظروف الهوائية يتحول البيروفيك الناتج من دورة Glycolysis بالاكسدة من خلال دورة Citric acid الى ثانى اكسيد الكربون وماء كناتج نهائى ، يتم اكسدة حامض البيروفيك الى CO_2 ومجموعة الاسيتيل (CH3-C=O) Acetyl group التى ترتبط مع (COA) CO enzyme-A فتتحول الى اسيتيل كو انزيم A (Acetyl-COA). ثم يدخل Acetyl – COA دورة حمض الستريك وبدخوله هذه الدورة فانه يتم انتاج عديد من جزيئات CO_2 ويصاحب ذلك أيضاً فقد لعديد من الالكترونات ويتم استقبال تلك الالكترونات بسرعة بواسطة مستقبلات للالكترونات مثل NAD^+ وفى بعض التفاعلات الاخرى بواسطة FAD (فلافين ادنين داى نيكلوتيد) تستقبل الالكترونات وبروتونات الهيدروجين فيتحول NAD^+ الى $NADH_2$ والـ FAD الى $FADH_2$ ثم بعد ذلك تمر الالكترونات من $NADH_2$ و $FADH_2$ من خلال سلسة النقل الالكترونى (الأكسدة البيولوجية) الى الاوكسجين ولينتج الماء وتنطلق الطاقة.

أول خطوات دورة Citric acid هى تكثيف مجموعة Acetyl group (2C) مع اوكسالواسيتات (4C) فيتكون ايون حامض الستريك (6C) ، ثم يتبع ذلك عملية Isomerization للسترات المتكونة ثم فقدان جزيئات CO_2 وعمليات اكسدة وتسمى هذه العملية Oxidative decarboxylation ثم يتكون مركب الفا كيتوجلوتاريك (5C) ثم تحدث اكسدة مع فقدان CO_2 لتكوين حامض السكسنيك (4C) ، وتستكمل الدورة بانتاج الاوكسالواسيتات مرة اخرى من السكسينات خلال عدة خطوات.

وتتكون دورة Citric acid من عدة خطوات كما فى الشكل كل خطوة تتم بمساعدة بعض الانزيمات اربع خطوات منها عبارة عن تفاعلات كسدة كما فى الخطوات ١٥ و ١٧ و ١٩ و ٢١ والعامل المؤكسد هو NAD^+ فى تلك التفاعلات هى (١٥ و ١٧ و ١٩ و ٢١). وقد يحدث فى الخطوة رقم ١٩ بأن يقوم FAD بدور العامل المؤكسد وفى هذه الحالة ينتج فى الخطوة رقم ١٨ جزئ من مركبات الطاقة حيث يتحول GDP (Guanosine diphosphate) بالفسفرة الى GTP وكما هو معروف فان GTP مشابهة لمركب ATP مع اختلاف فى نوع القاعدة الازوتية فقط حيث تستبدل الجوانين بالأدنين Adenine.

أولاً : تحويل حامض البيروفيك الى اسيتل كو A :

١١- الخطوة الحادية عشر:يتم تحول حامض البيروفيك الى استيل كو A (Acetyl – CoA) وثانى أكسيد الكربون بواسطة نظام انزيمى يسمى Pyruvate dehydrogenase complex ، وتوجد مجموعة SH فى احدى نهايات جزئ كو A (CoA) ويحدث ارتباط مجموعة الاسيتيل من خلالها (CH_3-C=O-S-CoA) ولهذا يرمز CoA فى معادلة التفاعل بالرمز CoA-SH. ولتحويل حامض البيروفيك الى اسيتل كو A بواسطة المعقد الانزيمى Pyruvate Dehydrogenase تعتبر عملية اكسدة مع نزع مجموعة كربوكسيل أى Decarboxylation Oxidative وفقد جزئ CO_2 من البيروفيك كما فى المعادلة التالية :

$$\text{Pyruvate} + \text{CoA-SH} + \text{NAD+} \rightarrow \text{Acetyl-CoA} + CO_2 + NADH_2$$

ثانياً : خطـوات دورة حمض الستريك

تتضمن دورة حامض الستريك (TCA) مرحلتين الأولى اضافة مجموعة اسيتيل (2C) (Acetyl-CoA) الى حامض الاوكسالواسيتك (4C) ليعطى حمض الستريك (6C) ويتبع ذلك فقد ٢ جزئ CO2 والمرحلة الثانية يتم فيها اعادة تكوين حامض الاوكسالو اسيتك مرة اخرى.

١٢- الخطوة الثانية عشر: تكوين حامض الستريك Formation of Citric acid:

فى هذه الخطوة يتم تكون حامض الستريك من تفاعل الاسيتيل كو A مع حامض الاوكسالو أسيتك حيث يتكون حامض الستريك وذلك فى وجود انزيم Citrate synthetase وخروج CoA-SH.

١٣- الخطوتين الثالثة عشر والرابعة عشر: تحويل حامض الستريك الى حامض الأيزوستريك:

Formation of Iso-citric acid :

وفى هذه الخطوة يقوم انزيم أكونيتيز Aconitase بعملية Isomerization لحامض الستريك حيث يتحول الى حامض الأيزوستريك. ويتم هذا التفاعل بقيام الانزيم بنزع جزئ ماء من حامض الستريك ليتكون مركب وسطى هو Akontic acid ثم اضافة جزئ ماء مرة اخرى الى Akontic acid ليتكون حامض الأيزوستريك.

١٤- الخطوتين الخامسة عشر والسادسة عشر: تكوين حامض الفا كيتوجلوتاريك :

Formation of α–Ketoglutaric acid :

وفى هذه الخطوة تتم عملية أكسدة مع نزع مجموعة كربوكسيل اى هى عملية Oxidative decarboxylation لحامض Iso-citrate ليتحول الى حامض الفا كيتو جلوتاريك مع خروج جزئ CO_2 وهذا يعتبر أول تفاعل اكسدة مع نزع مجموعة كربوكسيل خلال Citric acid cycle ويقوم بهذه العملية انزيم Iso-citrate dehydrogenase ويتم هذا التفاعل على مرحلتين الاولى منها هى أكسدة حامض الأيزوستريك الى حامض اكسالو سكسينك ثم نزع جزئ CO_2 من حامض اكسالو سكسينك ليتكون حامض الفا كيتو جلوتاريك ونلاحظ ان فى هذا التفاعل يتم انتاج أول جزئ من $NADH_2$ حيث يتكون من NAD. أى يتم انتاج ٣ جزيئات ATP (٦ من أصل الجلوكوز) حيث ان كل جزئ $NADH_2$ يعطى ٣ جزيئات ATP نتيجة دخوله سلسلة النقل الالكترونى.

١٥- الخطوة السابعة عشر: تكوين السكسينيل كو Formation of Succinyl CoA : A

وفى هذه الخطوة يتم ثانى عملية أكسدة مع نزع CO_2 خلال الدورة وبخروج جزئ CO_2 من حامض الالفا كيتوجلوتاريك فيتكون سكسينيل كو A (Succinyl-CoA). وكذلك تكوين جزئ $NADH_2$ من NAD (ينتج ٣ جزيئات ATP او ٦ جزيئات من اصل الجلوكوز) ويقوم انزيم α-Ketoglutarate dehydrogenase complex باتمام هذا التفاعل.

١٦- الخطوة الثامنة عشر: تكوين حامض السكسينيك: Formation of succinic acid

فى هذه الخطوة ينفصل CoA-SH عن السكسينيل CoA فى وجود الماء وانزيم Inolase فيتكون حامض السكسينيك. وفى نفس الوقت تجرى عملية فسفرة لمركب GDP ليكون مركب الطاقة GTP ويقوم انزيم Succinyle-CoA synthetase باجراء هذا التفاعل. هذا التفاعل الوحيد فى الدورة الذى يعطى GTP ويمكن استخدامه بواسطة الخلايا مباشرة كمصدر للطاقة.

١٧- الخطوة التاسعة عشر : تكوين حامض الفيوماريك : Formation of Fumaric acid

فى هذه الخطوة يتم اكسدة حامض السكسينيك الى حامض الفيوماريك بواسطة انزيم Succinate dehydrogenase ويدخل هنا المعاون الانزيمى FAD كمستقبل للالكترونات electron acceptor ويتحول الى $FADH_2$ الذى يدخل دورة النقل الالكترونى ليعطى ٢ جزئ ATP (ويتكون ٤ جزيئات ATP من اصل الجلوكوز). وقد يدخل المعاون الانزيمى NAD بدلا من FAD كمستقبل للالكترونات ويتحول الى $NADH_2$ الذى يدخل دورة النقل الالكترونى ليعطى ٣ جزئ ATP (ويتكون ٦ جزيئات ATP من اصل الجلوكوز) وفى حالة دخول المعاون الانزيمى NAD لاتتم عملية الفسفرة فى الخطوة الثامنة عشر أى تحويل مركب GDP الى مركب الطاقة GTP.

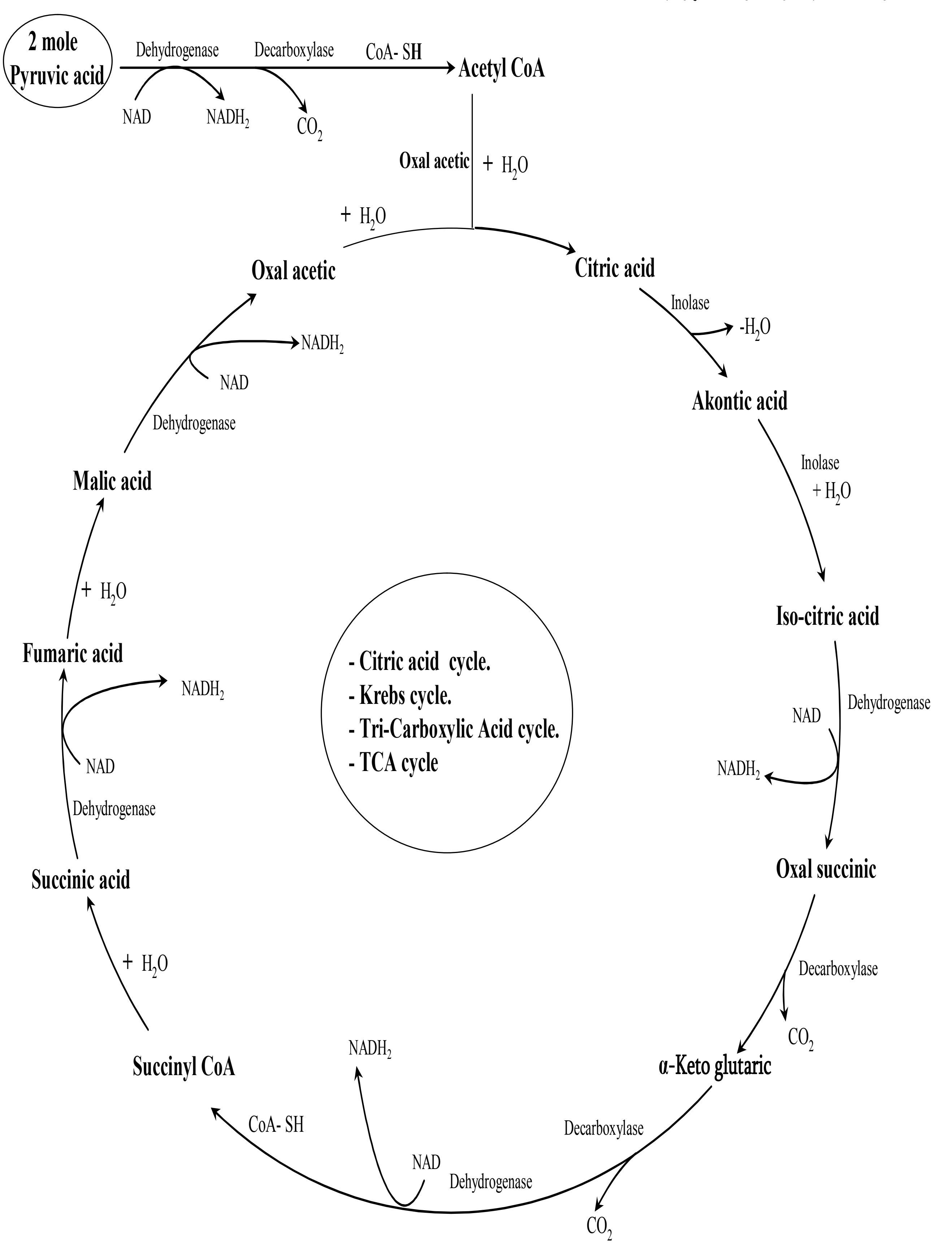
١٨- الخطوة العشرون : تكوين حامض الماليك : Formation of Maliec acid

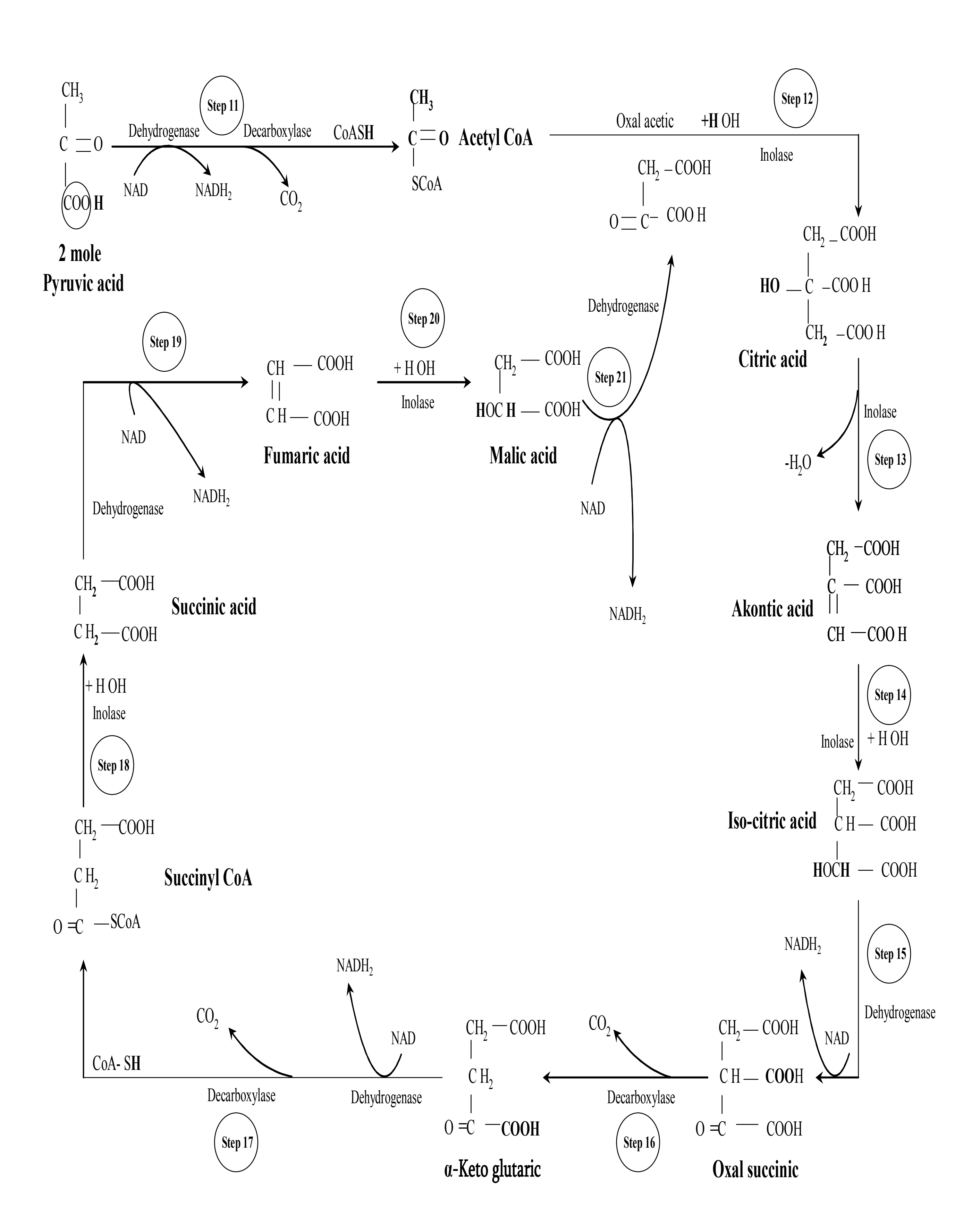
وتتم هذه الخطوة بواسطة انزيم Inolase حيث يتم اضافة جزئ H_2O خلال الرابطة الزوجية لحامض الفيوماريك فيتحول الى حامض الماليك.

١٩- الخطوة الحادية والعشرون: أعادة تكوين حامض الاوكسالواسيتك: Regeneration of oxaloacetic acid

يتم اكسدة حامض الماليك الى حامض الاوكسالواسيتك ويصاحب هذا التفاعل اختزال جزئ من NAD^+ الى $NADH_2$ (انتاج ٣ جزئ ATP و ٦ جزئ من الجلوكوز) ويقوم باتمام هذا التفاعل انزيم Malate dehydrogenease وعلى هذا يمكن لجزئ حامض الاوكسالواسيتك Oxaloacetic acid المتكون التفاعل مع جزئ جديد من Acetyl-CoA لاستكمال دورة الـ Citric acid من جديد.

المرحلـة الثانيـة أو المرحلـة الهوائيـة Aerobic condition:





2 mole
Pyruvic acid
Step 11
Dehydrogenase
Decarboxylase
CoASH
NAD
NADH2
CO2
Acetyl CoA
SCoA
Step 12
Oxal acetic
+H OH
Inolase
Citric acid
Inolase
-H2O
Step 13
Akontic acid
Step 14
Inolase
+ H OH
Iso-citric acid
Step 15
Dehydrogenase
NADH2
NAD
Oxal succinic
Step 16
Decarboxylase
CO2
α-Keto glutaric
Dehydrogenase
NAD
NADH2
Decarboxylase
CO2
Step 17
CoA- SH
Succinyl CoA
Step 18
+ H OH
Inolase
Succinic acid
Dehydrogenase
Step 19
NAD
NADH2
Fumaric acid
Step 20
+ H OH
Inolase
Malic acid
Step 21
Dehydrogenase
NAD
NADH2

جدول رقم (٢٦) : حساب الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائى او الأكسدة الكاملة للجلوكوز بالدم:

نوع الدورة	رقم الخطوة	التفاعـــــل	فقد الـ ATP	انتاج الـ ATP
الظروف اللاهوائيـة Glycolysis Anaerobic conditions	١	Glucose → Glucose -6- Phosphate.	واحد مول	-----
	٣	Fructose -6- phosphate → Fructose -1,6- phosphate.	واحد مول	-----
	٦	Glyceraldehyde-3-P → 1,3 –P– glyceric acid (٢ جزىء).	-----	**٦ مول**
	٧	1,3 –P– glyceric acid → 3 –P– glyceric acid (٢ جزىء).	-----	**٢ مول**
	١٠	Phospho enol pyruvate → Pyruvic acid (٢ جزىء).	-----	**٢ مول**
الظروف الهوائيـة TCA cycle Aerobic conditions	١١	Pyruvic acid → Acetyl CoA (٢ جزىء).	-----	**٦ مول**
	١٥	Iso-citric acid → Oxal succinic (٢ جزىء).	-----	**٦ مول**
	١٨	α-Keto glutaric → Succinyl CoA (٢ جزىء).	-----	**٦ مول**
	١٩	Succinic acid → Fumaric acid (٢ جزىء).	-----	**٦ مول**
	٢١	Malic acid → Oxal acetic (٢ جزىء).	-----	**٦ مول**
المجموع			٢ مول	**٤٠ مول**

- اذا المحصلة النهائية لل ATP الناتجة من دورتى Glycolysis و TCA = ٤٠ – ٢ = ٣٨ مول ATP.
- بما أنه عند دخول ATP فى أى تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣.٥ كيلو جول.
- اذا عند أكسدة واحد مول من الجلوكوز ينتج طاقة قدرها = ٣٨ x ٣٣.٥ = ١٢٧٣ كيلو جول.
- وعند حرق واحد مول من الجلوكوز فى بمبة المسعر ينتج ٢٨٧٠ كيلو جول.
- اذا كفاءة الطاقة الناتجة من أكسدة الجلوكوز = ١٢٧٣ / ٢٨٧٠ = ٤٤%.

التمثيل الغذائى للجليكوجين كمصدر للطاقة Bioenergetics of glycogen as an energy source:

يتم هدم الجليكوجين عند انخفاض مستوى الجلوكوز فى الدم حيث يعتبر الجليكوجين المصدر الأساسى لتخزين الجلوكوز. ويتم هدم الجليكوجين بواسطة انفصال وحدات من سكر الجلوكوز من التفرعات المختلفة لسلسلة الجليكوجين من النهايات الغير مختزلة وذلك بواسطة انزيم Glycogen Phosphorylase حيث يعطى وحدات من الجلوكوز-٦- فوسفات.

ويعتبر الجليكوجين أكثر كفاءة من الجلوكوز فى انتاج الطاقة نظرا لتحوله الى Glucose -1- phosphate بواسطة فوسفات معدنى (H3PO4) وبواسطة انزيم Glycogen Phosphorylase. ثم فى وجود انزيم Mutase هذا Glucose -1- phosphate يتحول الى Glucose -6- phosphate يدخل فى الدورة اللاهوائية Glycolysis ثم الدورة الهوائية TCA وبالتالى يتم توفير واحد مول ATP اللازم لتحويل الجلوكوز Glucose الى جلوكوز -٦- فوسفات Glucose -6- phosphate فى بداية الدورة الهوائية Glycolysis وعلى ذلك تكون محصلة الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائى للجليكوجين ٣٩ مول ATP وليس ٣٨ مول ATP .

CH_2OH — O — [CH_2OH — O]n — CH_2OH — OH **Glycogen**

H_3PO_4 Glycogen Phosphorylase

CH_2OH — O~P **Glucose-1-P**

Mutase

$CH_2O{\sim}P$ — OH **Glucose-6-P**

Glycolysis دورة الـ

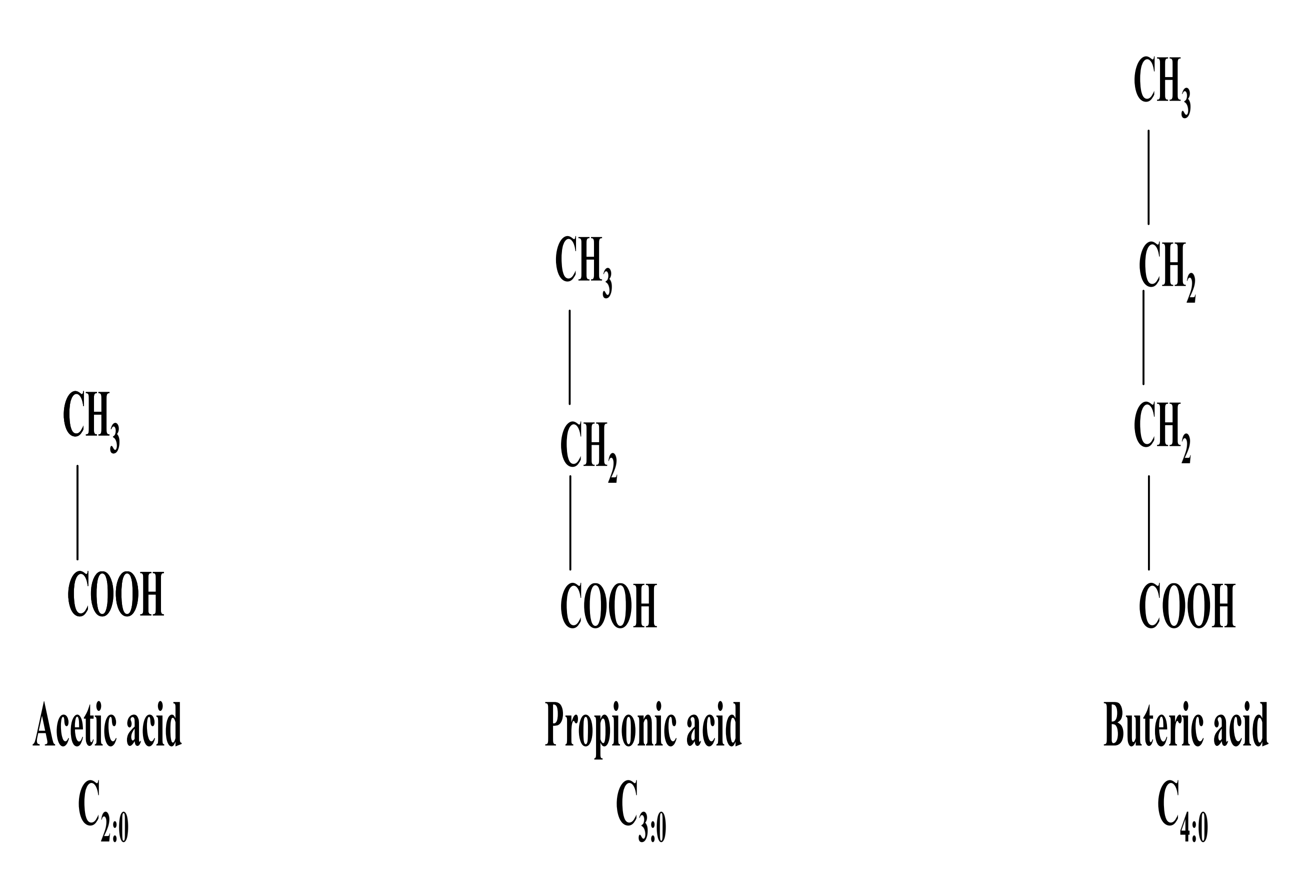
+ 9 mole ATP

TCA Cycle

+ 30 mole ATP

(٢) التمثيل الغذائى للكربوهيدرات
لانتاج الطاقة فى الحيوانات المجترة (Ruminants)

يعتبر الناتج النهائى لتمثيل الكربوهيدرات فى الكرش بواسطة الكائنات الحية الدقيقة (ميكروفلورا الكرش) هو الأحماض الدهنية الطيارة (**V**olatile **F**atty **A**cids, **VFA**) وتعتبر هذه الأحماض مصدر الطاقة للحيوانات المجترة. ومن أكثر الأحماض الدهنية الطيارة انتاجا فى الكرش هو حامض الأسيتك (Acetic acid) وينتج هذا الأسيتك عند التغذية على مواد العلف الخشنة. وأيضا حامض البروبيونيك (Propionic acid) وينتج هذا البروبيونيك عند التغذية على مواد العلف المركزة. ومن الأحماض الدهنية الطيارة المنتجة أيضا حامض البيوتيرك (Buteric acid). ويعتبر كلا من الحامضين الأسيتك والبروبيونيك أكثر انتاجا من حامض البيوتيرك.

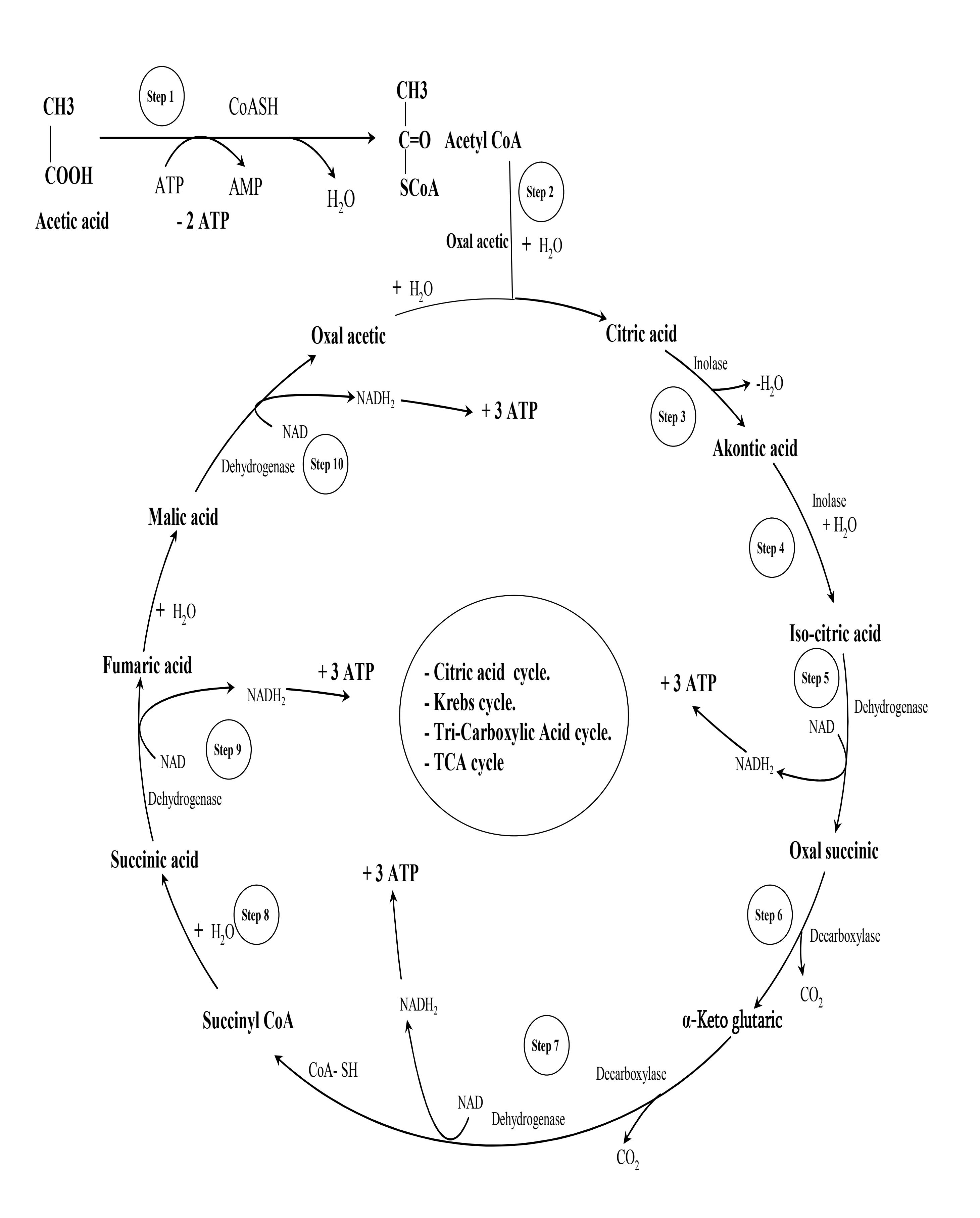


أى من الأحماض الدهنية الطيارة السابق ذكرها (الأسيتك ، البروبيونيك والبيوتيرك) قبل دخولها فى عملية التمثيل الغذائى لانتاج الطاقة لابد أن يتم عليها الأتى:

١- فى البداية يلزم تنشيط الحامض الدهنى الطيار بـ ٢ جزىء من مركب الطاقة ATP وفى وجود CoASH.
٢- تحويل الحامض الدهنى الطيار بعد تنشيطه بالـ ATP الى Acetyl CoA.
٣- هذا الـ Acetyl CoA المتكون يدخل فى دورة الـ TCA لانتاج الطاقة.

أولا: حامض الأسيتك ($Acetic\ acid, C_{2:0}$) كمصدر للطاقة فى الحيوانات المجترة:

حامض الأسيتك ($C_{2:0}$) موجود بنسبة عالية جدا فى الدم الشريانى Peripheral blood ولانتاج الطاقة من هذا الحامض لابد من تنشيطه بـ ٢ جزىء من مركب الطاقة ATP وفى وجود معاون الانزيم CoASH ينتج Acetyl CoA الذى بدوره يدخل فى دورة الـ TCA لانتاج الطاقة.



CH3
COOH
Acetic acid
Step 1
CoASH
ATP
AMP
- 2 ATP
H_2O
CH3
C=O
SCoA
Acetyl CoA
Step 2
Oxal acetic
+ H_2O
+ H_2O
Oxal acetic
Citric acid
Inolase
-H_2O
Step 3
Akontic acid
Inolase
+ H_2O
Step 4
Iso-citric acid
Step 5
Dehydrogenase
NAD
$NADH_2$
+ 3 ATP
Oxal succinic
Step 6
Decarboxylase
CO_2
α-Keto glutaric
Step 7
Decarboxylase
CO_2
NAD
Dehydrogenase
$NADH_2$
+ 3 ATP
CoA- SH
Succinyl CoA
Step 8
+ H_2O
Succinic acid
Dehydrogenase
NAD
Step 9
$NADH_2$
+ 3 ATP
Fumaric acid
+ H_2O
Malic acid
Dehydrogenase
Step 10
NAD
$NADH_2$
+ 3 ATP
- Citric acid cycle.
- Krebs cycle.
- Tri-Carboxylic Acid cycle.
- TCA cycle

جدول رقم (٢٧) : حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائى أو أكسدة واحد مول من حامض الأسيتك

رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجــة (+)	المستهلكـة (–)
١	-----	٢
٥	٣	-----
٧	٣	-----
٩	٣	-----
١٠	٣	-----
المجموع	**١٢ مول ATP ناتج**	**٢ مول ATP مستهلك**

- اذا عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزىء من حامض الأسيتك = ١٢–٢=١٠ مول ATP.
- بما أنه عند دخول ATP فى أى تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣.٥ كيلو جول.
- اذا عند تمثيل واحد مول من حامض الأسيتك ينتج طاقة قدرها = ١٠ x ٣٣.٥ = ٣٣٥ كيلو جول.
- وعند حرق واحد مول من حامض الأسيتك فى بمبة المسعر ينتج ٨٧٥ كيلو جول.

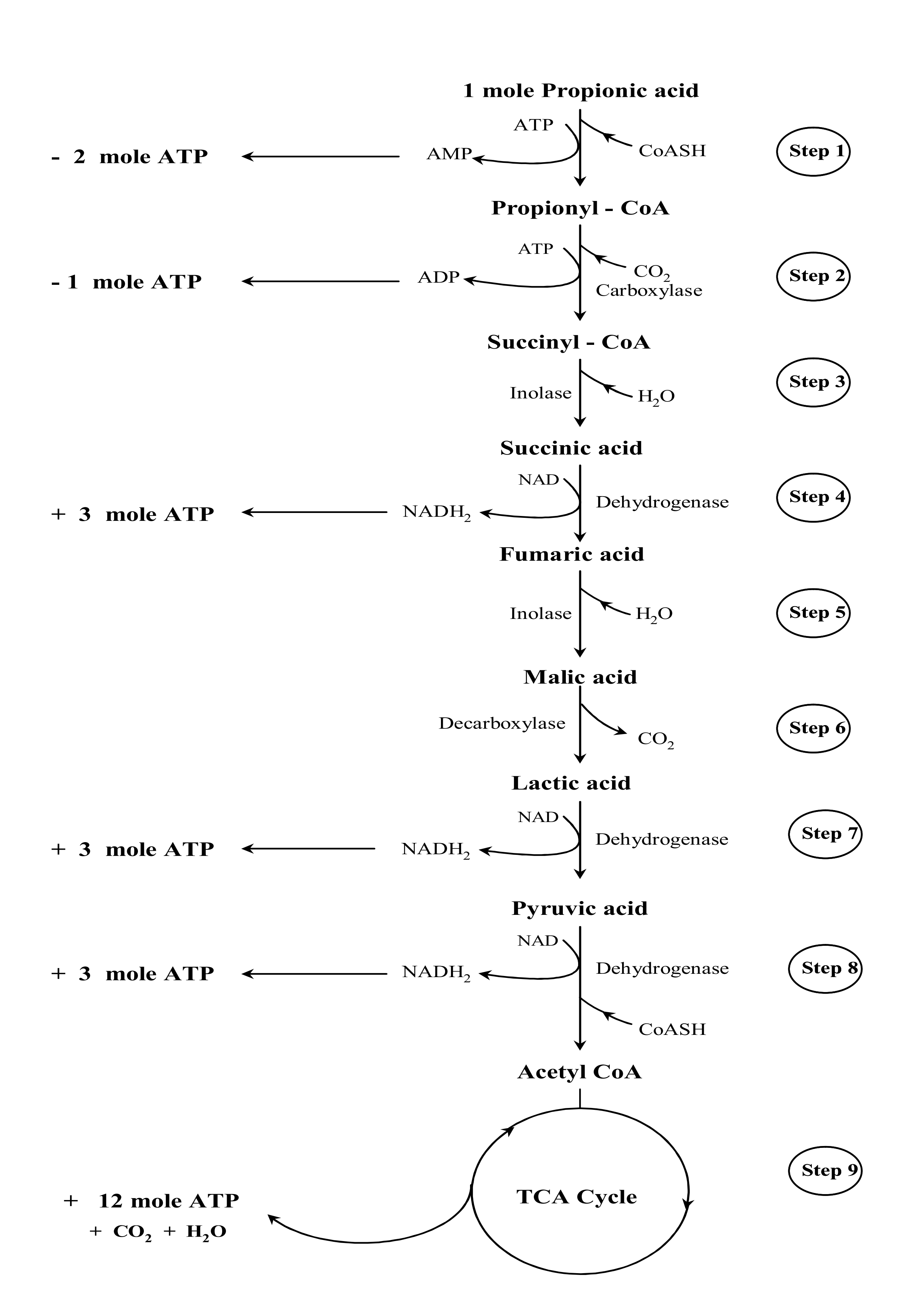
اذا كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض الأسيتك = ٣٣٥ / ٨٧٥ x ١٠٠ =٣٨.٣%

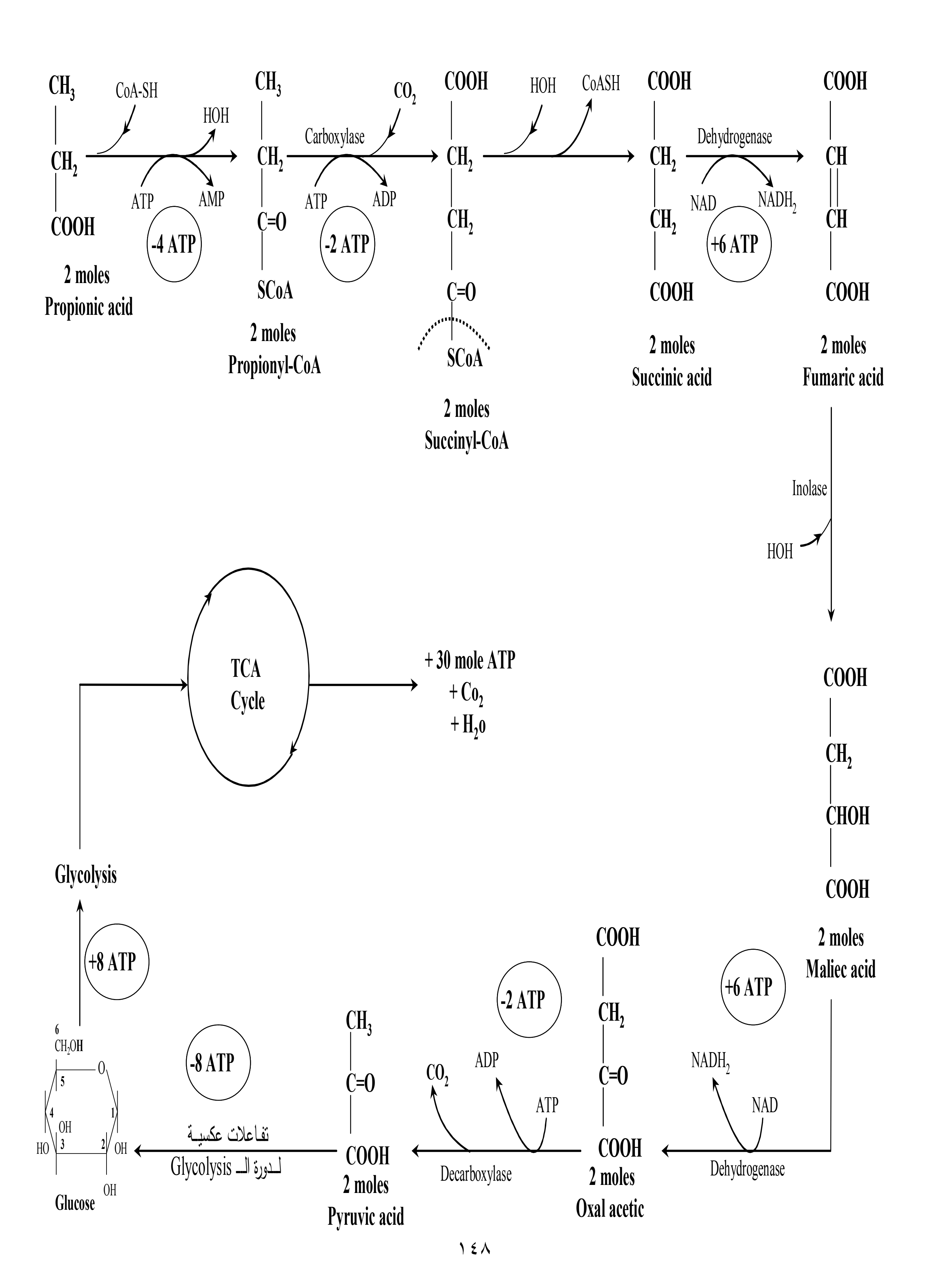
ثانيا: حامض البروبيونك ($C_{3:0}$,Propionic acid) كمصدر للطاقة فى الحيوانات المجترة:

حامض البروبيونيك ($C_{3:0}$) موجود بنسبة أقل فى الدم الشريانى Peripheral blood وموجود بنسبة عالية فى الدم الوريدى Portal blood. ويتم التمثيل الغذائى لحامض البروبيونيك فى الدم الشريانى والدم الوريدى لانتاج الطاقة ففى الدم الشريانى ينتج عن تمثيل ذلك الحامض (١٨ مول من الـ ATP) بينما فى الدم الوريدى ينتج عن هذا الحامض (١٧ مول من الـ ATP).

١– التمثيل الغذائى لحامض البروبيونيك فى الدم الشريانى:

معظم حامض البروبيونيك يدخل الى الكبد ويتم تمثيله غذائيا لانتاج الطاقة. فكمية قليلة من حامض البروبيونيك التى ذهبت الى الكبد عن طريق الدم الشريانى او تلك الناتجة من الأحماض الدهنية فردية الكربون حيث يتم عليها عملية التمثيل الغذائى وفى هذه الحالة يتحول حامض البروبيونيك الى حامض لاكتيك الذى يتحول بدورة الى حامض بيروفيك ثم الى Acetyl CoA الذى بدوره يدخل فى دورة Kripp's (TCA) لانتاج الطاقة وينتج عن تمثيل ذلك الحامض فى الدم الشريانى (١٨ مول من الـ ATP).


1 mole Propionic acid
ATP
AMP
CoASH
Step 1
- 2 mole ATP
Propionyl - CoA
ATP
ADP
CO_2
Carboxylase
Step 2
- 1 mole ATP
Succinyl - CoA
Inolase
H_2O
Step 3
Succinic acid
NAD
$NADH_2$
Dehydrogenase
Step 4
+ 3 mole ATP
Fumaric acid
Inolase
H_2O
Step 5
Malic acid
Decarboxylase
CO_2
Step 6
Lactic acid
NAD
$NADH_2$
Dehydrogenase
Step 7
+ 3 mole ATP
Pyruvic acid
NAD
$NADH_2$
Dehydrogenase
CoASH
Step 8
+ 3 mole ATP
Acetyl CoA
TCA Cycle
Step 9
+ 12 mole ATP
+ CO_2 + H_2O


CoA-SH
HOH
ATP
AMP
-4 ATP
2 moles
Propionic acid
2 moles
Propionyl-CoA
Carboxylase
CO_2
ADP
-2 ATP
2 moles
Succinyl-CoA
CoASH
2 moles
Succinic acid
Dehydrogenase
NAD
$NADH_2$
+6 ATP
2 moles
Fumaric acid
Inolase
2 moles
Maliec acid
2 moles
Oxal acetic
Decarboxylase
2 moles
Pyruvic acid
-8 ATP
تفاعلات عكسية
لـدورة الـ Glycolysis
Glucose
+8 ATP
Glycolysis
TCA
Cycle
+ 30 mole ATP
+ Co_2
+ H_2o

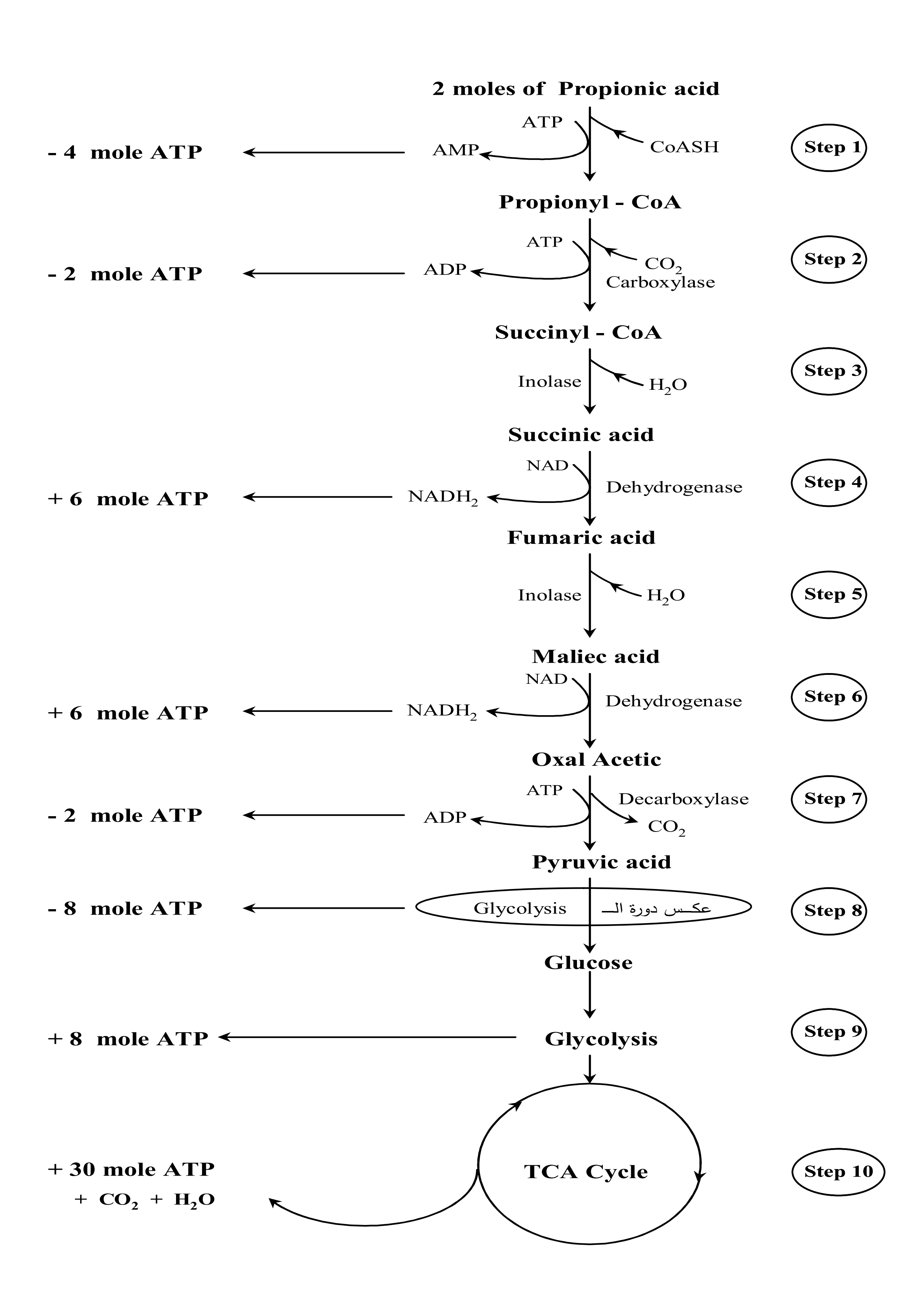
جدول رقم (٢٨) : حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائى أو أكسدة واحد مول من حامض البروبيونك (الدم الشريانى)

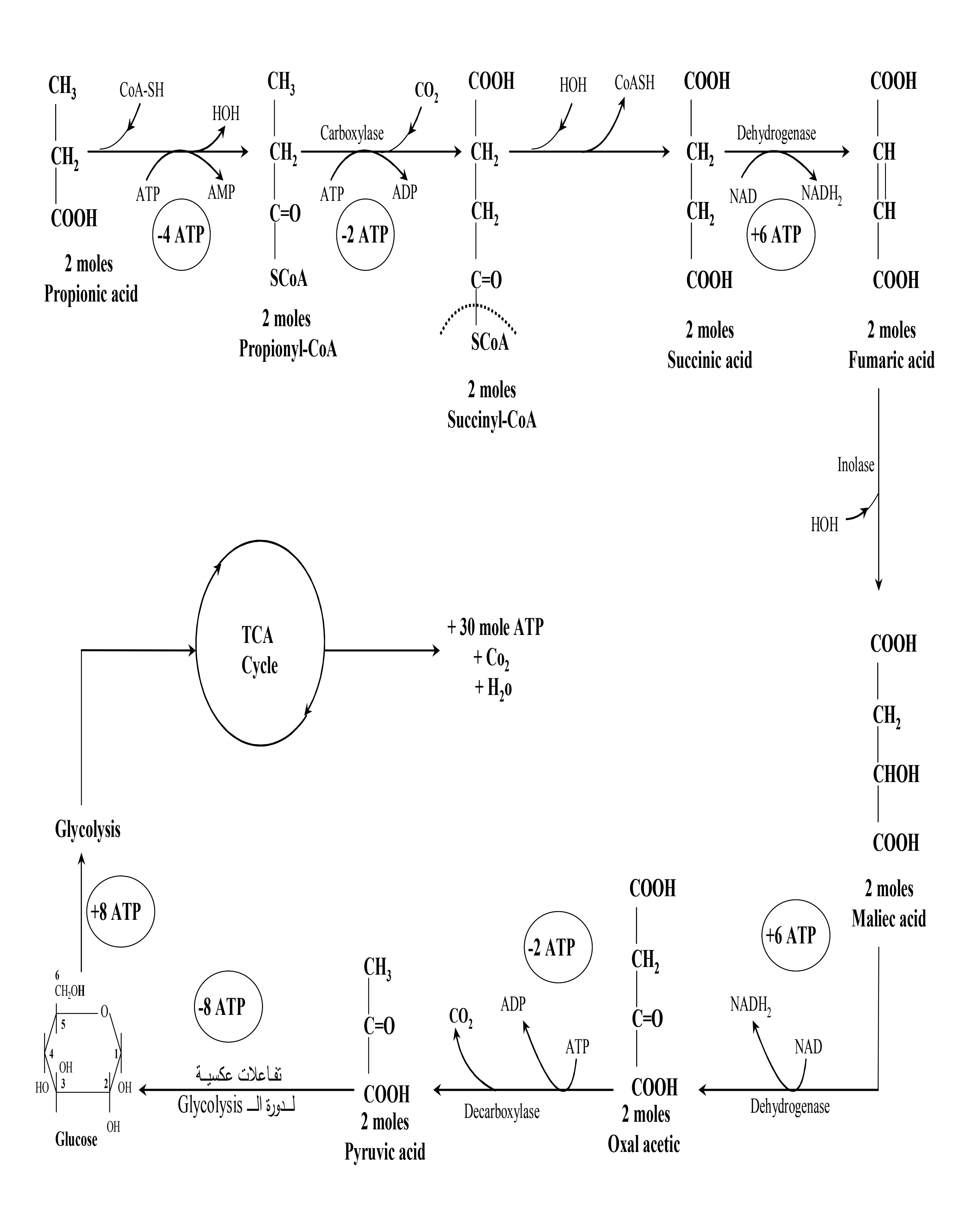
رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجــة (+)	المستهلكـة (−)
١	-----	٢
٢	-----	١
٤	٣	-----
٧	٣	-----
٨	٣	-----
٩	١٢	-----
المجموع	**٢١ مول ATP ناتج**	**٣ مول ATP مستهلك**

– اذا عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزىء من حامض البروبيونيك (دم شريانى) = ٢١– ٣ = ١٨ مول ATP.
– بما أنه عند دخول ATP فى أى تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣.٥ كيلو جول.
– اذا عند تمثيل واحد مول من حامض البروبيونيك (دم شريانى) ينتج طاقة قدرها = ١٨ x ٣٣.٥ = ٦٠٣ كيلو جول.
– وعند حرق واحد مول من حامض البروبيونيك فى بمبة المسعر ينتج ١٤٠٠ كيلو جول.
– اذا كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض البروبيونيك (دم شريانى) = ٦٠٣ / ١٤٠٠ x ١٠٠= ٤٣.٠٧ %

٢– التمثيل الغذائى لحامض البروبيونيك فى الدم الوريدى:

النسبة العالية من حامض البروبيونيك موجود فى الدم الوريدى Portal blood المتجة الى الكبد. حيث أن معظم البروبيونيك يدخل فى الدم الوريدى المتجة الى الكبد حيث يتحول الى جلوكوز الذى يدخل فى دورة الـ Glycolysis ثم فى دورة Kripp's (TCA) لانتاج الطاقة وينتج عن تمثيل ذلك الحامض غذائيا فى الدم الوريدى (١٧ مول من الـ ATP) لكل مول من حامض البروبيونيك.


2 moles of Propionic acid
ATP
AMP
CoASH
- 4 mole ATP
Step 1
Propionyl - CoA
ATP
ADP
CO2
Carboxylase
- 2 mole ATP
Step 2
Succinyl - CoA
Inolase
H2O
Step 3
Succinic acid
NAD
NADH2
Dehydrogenase
+ 6 mole ATP
Step 4
Fumaric acid
Inolase
H2O
Step 5
Maliec acid
NAD
NADH2
Dehydrogenase
+ 6 mole ATP
Step 6
Oxal Acetic
ATP
ADP
Decarboxylase
CO2
- 2 mole ATP
Step 7
Pyruvic acid
Glycolysis
عكس دورة الـ
- 8 mole ATP
Step 8
Glucose
Glycolysis
+ 8 mole ATP
Step 9
TCA Cycle
+ 30 mole ATP
+ CO2 + H2O
Step 10



CH3
CH2
COOH
2 moles
Propionic acid
CoA-SH
HOH
ATP
AMP
-4 ATP
CH3
CH2
C=O
SCoA
2 moles
Propionyl-CoA
Carboxylase
CO2
ATP
ADP
-2 ATP
COOH
CH2
CH2
C=O
SCoA
2 moles
Succinyl-CoA
HOH
CoASH
COOH
CH2
CH2
COOH
2 moles
Succinic acid
Dehydrogenase
NAD
NADH2
+6 ATP
COOH
CH
CH
COOH
2 moles
Fumaric acid
Inolase
HOH
COOH
CH2
CHOH
COOH
2 moles
Maliec acid
+6 ATP
NADH2
NAD
Dehydrogenase
COOH
CH2
C=O
COOH
2 moles
Oxal acetic
-2 ATP
CO2
ADP
ATP
Decarboxylase
CH3
C=O
COOH
2 moles
Pyruvic acid
تفاعلات عكسية
لدورة الـ Glycolysis
-8 ATP
Glucose
+8 ATP
Glycolysis
TCA
Cycle
+ 30 mole ATP
+ Co2
+ H2o

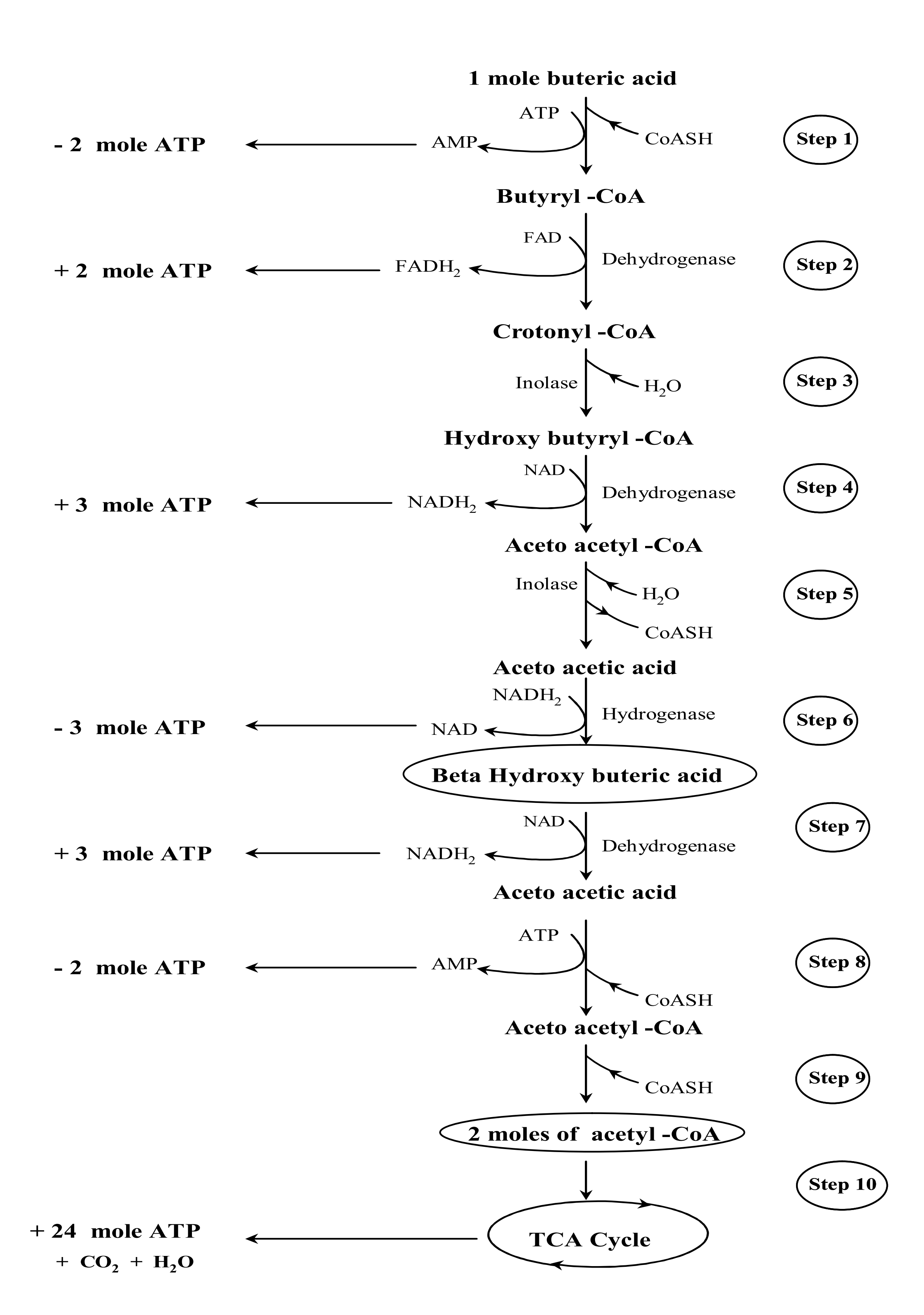
جدول رقم (٢٩): حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائى أو أكسدة ٢مول من حامض البروبيونك (الدم الوريدى)

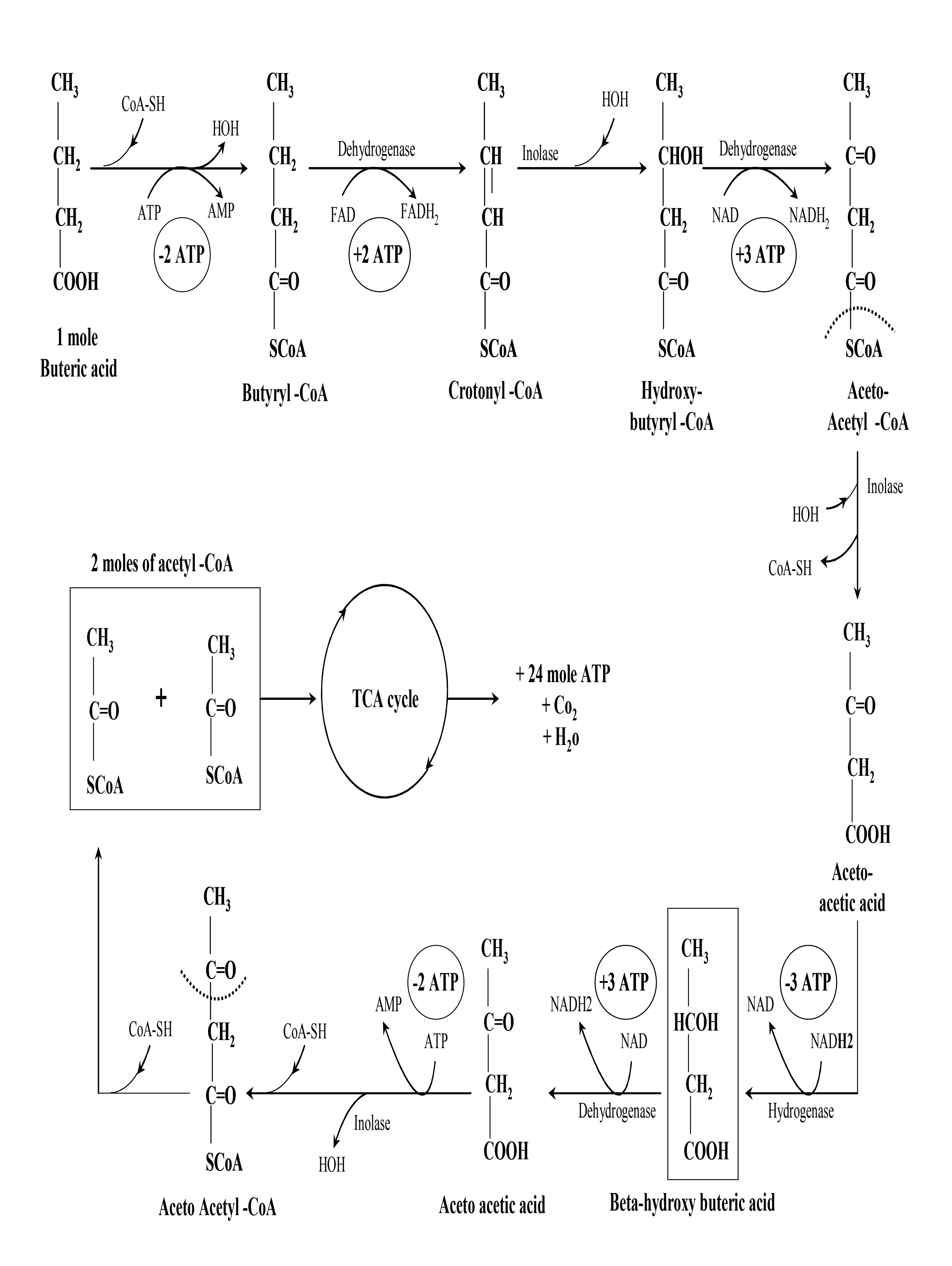
رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجــــة (+)	المستهلكــة (-)
١	-----	٤
٢	-----	٢
٤	٦	-----
٦	٦	-----
٧	-----	٢
٨	-----	٨
٩	٨	-----
١٠	٣٠	-----
المجموع	**٥٠ مول ATP ناتج**	**١٦ مول ATP مستهلك**

- اذا عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل ٢ مول أو ٢ جزىء من حامض البروبيونيك (دم وريدى) = ٥٠– ١٦ = ٣٤ مول ATP.
- اذا عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزىء واحد من حامض البروبيونيك (دم وريدى) = ٣٤ / ٢ = ١٧ مول ATP.
- بما أنه عند دخول ATP فى أى تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣.٥ كيلو جول.
- اذا عند تمثيل واحد مول من حامض البروبيونيك (دم وريدى) ينتج طاقة قدرها = ١٧ x ٣٣.٥= ٥٦٩.٥ كيلو جول.
- وعند حرق واحد مول من حامض البروبيونيك فى بمبة المسعر ينتج ١٤٠٠ كيلو جول.
- اذا كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض البروبيونيك (دم وريدى) = ٥٦٩.٥ / ١٤٠٠ x ١٠٠= ٤٠.٦٨ %

ثالثا: حامض البيوتيرك (Buteric acid) كمصدر للطاقة فى الحيوانات المجترة:

حامض البيوتيرك موجود فى الدم الشريانى Peripheral blood. ويتمثل غذائيا فى الجسم وينتج عن هذا البيوتيرك ٢٥ مول من الـ ATP. حامض البيوتيرك أثناء مروره فى الكرش يتحول الى بيتا هيدروكسى بيوتيرك أسيد (Beta hydroxy Buteric acid) حيث يستخدم البيتا هيدروكسى بيوتيرك أسيد فى انتاج الطاقة. أى ان الصورة الفعالة لانتاج الطاقة من حامض البيوتيرك ليس حامض البيوتيرك ولكن هى بيتا هيدروكسى بيوتيرك أسيد Beta hydroxy Buteric acid.


1 mole buteric acid
ATP
CoASH
- 2 mole ATP
AMP
Step 1
Butyryl -CoA
FAD
Dehydrogenase
+ 2 mole ATP
$FADH_2$
Step 2
Crotonyl -CoA
Inolase
H_2O
Step 3
Hydroxy butyryl -CoA
NAD
Dehydrogenase
+ 3 mole ATP
$NADH_2$
Step 4
Aceto acetyl -CoA
Inolase
H_2O
CoASH
Step 5
Aceto acetic acid
$NADH_2$
Hydrogenase
- 3 mole ATP
NAD
Step 6
Beta Hydroxy buteric acid
NAD
Dehydrogenase
+ 3 mole ATP
$NADH_2$
Step 7
Aceto acetic acid
ATP
- 2 mole ATP
AMP
CoASH
Step 8
Aceto acetyl -CoA
CoASH
Step 9
2 moles of acetyl -CoA
Step 10
+ 24 mole ATP
+ CO_2 + H_2O
TCA Cycle


CoA-SH
HOH
ATP
AMP
-2 ATP
Dehydrogenase
FAD
FADH2
+2 ATP
Inolase
HOH
Dehydrogenase
NAD
NADH2
+3 ATP
1 mole
Buteric acid
Butyryl -CoA
Crotonyl -CoA
Hydroxy-
butyryl -CoA
Aceto-
Acetyl -CoA
Inolase
HOH
CoA-SH
2 moles of acetyl -CoA
TCA cycle
+ 24 mole ATP
+ Co2
+ H2o
Aceto-
acetic acid
-3 ATP
NAD
NADH2
Hydrogenase
+3 ATP
NADH2
NAD
Dehydrogenase
-2 ATP
AMP
ATP
CoA-SH
CoA-SH
Inolase
HOH
Aceto Acetyl -CoA
Aceto acetic acid
Beta-hydroxy buteric acid

جدول رقم (٣٠): حساب الطاقة الكلية الناتجة من التمثيل الغذائى أو أكسدة واحد مول من حامض البيوتيرك

رقم الخطوة Step No.	عدد مولات الـ ATP	
	الناتجــة (+)	المستهلكـة (−)
١	-----	٢
٢	٢	-----
٤	٣	-----
٦	-----	٣
٧	٣	-----
٨	-----	٢
١٠	٢٤	-----
المجموع	**٣٢ مول ATP ناتج**	**٧ مول ATP مستهلك**

– اذا عدد مولات الـ ATP النهائية الناتجة من تمثيل واحد مول أو جزىء واحد من حامض البيوتيرك = ٣٢– ٧ = ٢٥ مول ATP.

– بما أنه عند دخول ATP فى أى تفاعل فانه تنتج طاقة حرة مقدارها ٣٣.٥ كيلو جول.

– اذا عند تمثيل واحد مول من حامض البيوتيرك ينتج طاقة قدرها = ٢٥ x ٣٣.٥= ٨٣٧.٥ كيلو جول.

– وعند حرق واحد مول من حامض البيوتيرك فى بمبة المسعر ينتج ٢٠٠٠ كيلو جول.

اذا كفاءة الطاقة الناتجة من تمثيل حامض البيوتيرك = ٨٣٧.٥ / ٢٠٠٠ x ١٠٠= ٤١.٨٨ %

مسارات أخري لتمثيل الجلوكوز داخل جسم الكائن الحي :

تعتبر المسارات الأساسية لتمثيل الجلكوز داخل جسم الكائن الحي هي أكسدته لإنتاج الطاقة من خلال دورة الأكسدة اللاهوائية Glycolysis والأكسدة الهوائية من خلال دورة حمض الستريك Citric acid cycle إلا أنه هناك بعض المسارت الأخري التي قد يسلكها سكر الجلوكوز داخل جسم الثدييات للقيام ببعض الوظائف الحيوية الهامة ومن أهم هذه المسارات:

(١) تحول الجلوكوز إلي الفركتوز:

في بعض أنسجة الثدييات (العين والخصية والبنكرياس والمخ) يتحول جزء من سكر الجلكوز إلي سكر الفركتوز كما يتضح في المعادلة التالية:

$$\text{Glucose} \xrightarrow[\text{NADPH.H}^{+} \rightarrow \text{NADP}^{+}]{\text{Aldose reductase}} \text{Sorbitol} \xrightarrow[\text{NAD}^{+} \rightarrow \text{NADH.H}^{+}]{\text{Polyol dehydrogenase}} \text{Fructose}$$

ويتم هذا التفاعل علي خطوتين:

في الخطوة الأولي يعمل انزيم Aldose reductase علي اختزال الجلوكوز إلي سوربيتول وذلك في وجود مركب NADPH .

أما في الخطوة الثانية يعمل انزيم Polyol dehydrogenase علي أكسدة السوربيتول إلي فركتوز في وجود مركب NAD.

ويمثل هذا المسار مصدر الإمداد للفركتوز الذي يعتبر مركب الطاقة الأساسي للخلايا المنوية.

وفي حالة زيادة مستويات الجلوكوز عن الحد الطبيعي كما في مرضي السكر تزداد نسية السوربيتول الناتجة من هذا المسار ويعود ذلك إلي:

أن درجة نشاط إنزيم Polyol dehydrogenase أقل من درجة نشاط انزيم Aldose reductase مما يؤدي إلي تراكم السوربيتول.

والأغشية الخلوية غير نفاذة للسوربيتول فيتغير الضغط الأسموزي للخلايا مما يؤدي لتجمع وترسيب بروتينات عدسة العين مما يؤول في النهاية للإصابة بالمياه الزرقاء علي العين Cataracts وهذا يفسر تعرض مرضي السكر لهذه النوعية من مشاكل عدسة العين.

(٢) مسار التمثيل الغذائي لسكرات بنتوزفوسفات (الخماسية) : pentose phosphate pathway

اكبر معدل هدم لمعظم الجلوكوز الذي يدخل مسار glycolytic pathway كجلوكوز-٦-فوسفات هو الاكسدة من خلال دورة TCA ، مع ذلك فان بعض جلوكوز-٦-فوسفات يهدم بطرق اخري، ويكون مسار السكرات الخماسية pentose pathway أكثر أهمية وهذا المسار الاخير له عدة تسميات مختلفة:

The phosphogluconate pathway, or the hexose nonphosphate pathway or the pentose shunt.

ومسار البنتوز له منتجان هامان لهما أهمية كبيرة فى بعض الانسجة المتخصصة.

أولاً : انتاج سكرات ذات خمسة ذرات كربون اى سكرات خماسية تستخدم فى تكوين DNA, RNA وبعض قرائن الانزيمات مثل ATP, NAD^{+}, FAD ans co enz A هذه الجزيئات تحتاجها الخلايا سريعة مثل فى خلايا العظام bone marrow، الجلد وميكوزا الامعاء intestinal mucosa.

ثانياً : انتاج NADPH (المختزل) التى تحتاجها تفاعلات الاختزال الحيوية ولحماية الانسجة من التلف الراجع الى نوعية الاكسجين الفعال وتفاعلات تكوين الاحماض الدهنية فى الكبد والانسجة الضامة، والغدد اللبنية وايضاً تكوين الكوليسترول والهرمونات الاستيرولية.

والاحتياج الى NADPH لاختزال الجلوتاثيون الذي يعتبر خط الدفاع الرئيسي The prime defenses من تلف الاكسدة.

تنقسم دورة البنتوز ومساره التمثيلي الى مكونين : Two components :

(١) مكون مؤكسد Oxidative component وينتج ٢ مول NADPH لكل مول جلوكوز-٦-فوسفات يدخل الدورة او المسار.

(٢) مكون غير مؤكسد nonoxidative phase حيث منتج المكون المؤكسد يعاد تنظيمة وتهيئته الى جلوكوز-٦-فوسفات.

مسار البنتوز فوسفات Pentose phosphate pathway :

تعتبر أحد مسارات سكر الجلكوز غير الأساسية والتي تحدث في العديد من الخلايا مثل خلايا كرات الدم الحمراء والأنسجة الدهنية والكبد وعدسة وشبكية العين والخصيتين. وتعتبر اكبر معدل هدم لمعظم الجلوكوز الذي يدخل مسار glycolytic pathway كجلوجوز-٦-فوسفات. وهو الاكسدة من خلال دورة TCA ، ومع ذلك فإن بعض جلوكوز-٦-فوسفات يهدم بطرق اخري، ويكون مسار السكرات الخماسية pentose pathway اكثر أهمية وهذا المسار الاخير له عدة مسميات مختلفة :

The posphogluconate pathway, or The hexose mono phosphoate pathway, or The pentose shunt.

وهذه المسارات (مسار البنتوز) له منتجان هامان لهما أهمية كبيرة فى بعض الانسجة المتخصصة أهميتها:

١- إنتاج السكرات الأحادية التي تحتوي علي خمس ذرات كربون (السكرات الخماسية) والتي تعود أهميتها في أنها تدخل في بناء بعض المركبات الحيوية الهامة مثل DNA , RNA , Co enzyme A , FAD, NAD, ATP . وهذه الجزيئات تحتاجها الخلايا سريعة النمو مثل تلك الموجودة فى الجلد وميكوز الامعاء bone marrow, intestinal mucosa.

٢- إنتاج جزيئات NADPH والتي تدخل بدورها في العديد من الوظائف الحيوية مثل:

أ- تخليق الأحماض الدهنية حيوياً فى الكبد والانسجة الضامة والغدد اللبنية.

ب- تخليق الكولسترول والاستيرولات والهرمونات الاستيرولثية.

ج- تخليق السفنجوسين والجلاكتوليبيدات.

د- حماية الأنسجة من التلف الناتج من جزيئات الأكسجين النشطة الفعال.

هـ- حيث تتعرض كرات الدم الحمراء Erythrocytes وايضاً خلايا القرنية The cells of the cornea التركيزات عالية من الاكسجين وتتلف بالاكسدة من خلال نوعيات من الاصول الحرة او شوارد الاكجسين a variety of oxygen redicals وتحتاج الى NADPH لاختزال الجلوتاثيون الذي يعتبر خط الدفاع الرئيسي The prime defenses من تلف الانسجة.

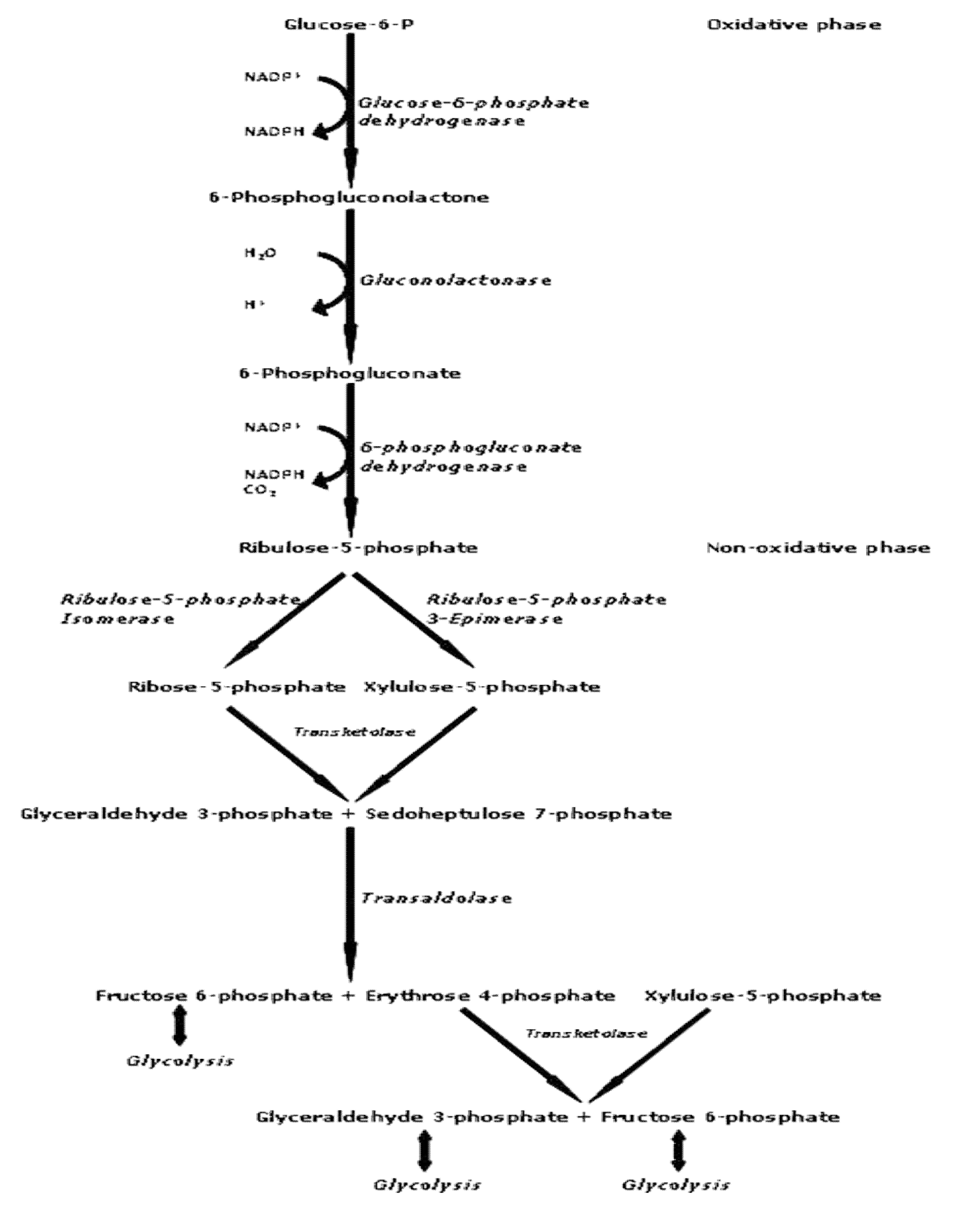
تنظيم مسار البنتوز فوسفات:

يعتبر انزيم الجلوكوز ٦- فوسفات ديهيدروجينيز Glucose – 6 – P dehydrogenase هو المفتاح الأساسي لهذه الدورة أو المسار التمثيلي ويتم التحكم في نشاط هذا الإنزيم عن طريق هرمون الانسولين ومركب NADP ويتم تثبيطه بواسطة NADPH

وبصفة عامة تقسم هذه الدورة إلي خطوتين:

الخطوة الأولي وتسمي Oxidative phase: ويتم فيها تحول الجلوكوز ٦- فوسفات إلي ريبولوز ٥- فوسفات وينتج من هذه الخطوة ٢ جزيئ من مركب NADPH لكل مول جلوكوز-٦-فوسفات يدخل المسار.

الخطوة الثانية وتسمي Non oxidative phase: ويتم فيها تحول الريبولوز ٥- فوسفات إلي مركبات وسطية في دورة glycolysis (فركتوز ٦- فوسفات والجلسر ألدهيد ٣- فوسفات)



Pentose Phosphate pathway
Glucose-6-P
Oxidative phase
NADP+
NADPH
Glucose-6-phosphate dehydrogenase
6-Phosphogluconolactone
H2O
H+
Gluconolactonase
6-Phosphogluconate
NADP+
NADPH
CO2
6-phosphogluconate dehydrogenase
Ribulose-5-phosphate
Non-oxidative phase
Ribulose-5-phosphate Isomerase
Ribulose-5-phosphate 3-Epimerase
Ribose-5-phosphate
Xylulose-5-phosphate
Transketolase
Glyceraldehyde 3-phosphate + Sedoheptulose 7-phosphate
Transaldolase
Fructose 6-phosphate + Erythrose 4-phosphate
Xylulose-5-phosphate
Glycolysis
Transketolase
Glyceraldehyde 3-phosphate + Fructose 6-phosphate
Glycolysis
Glycolysis

المرحلة الأولي Oxidative phase:

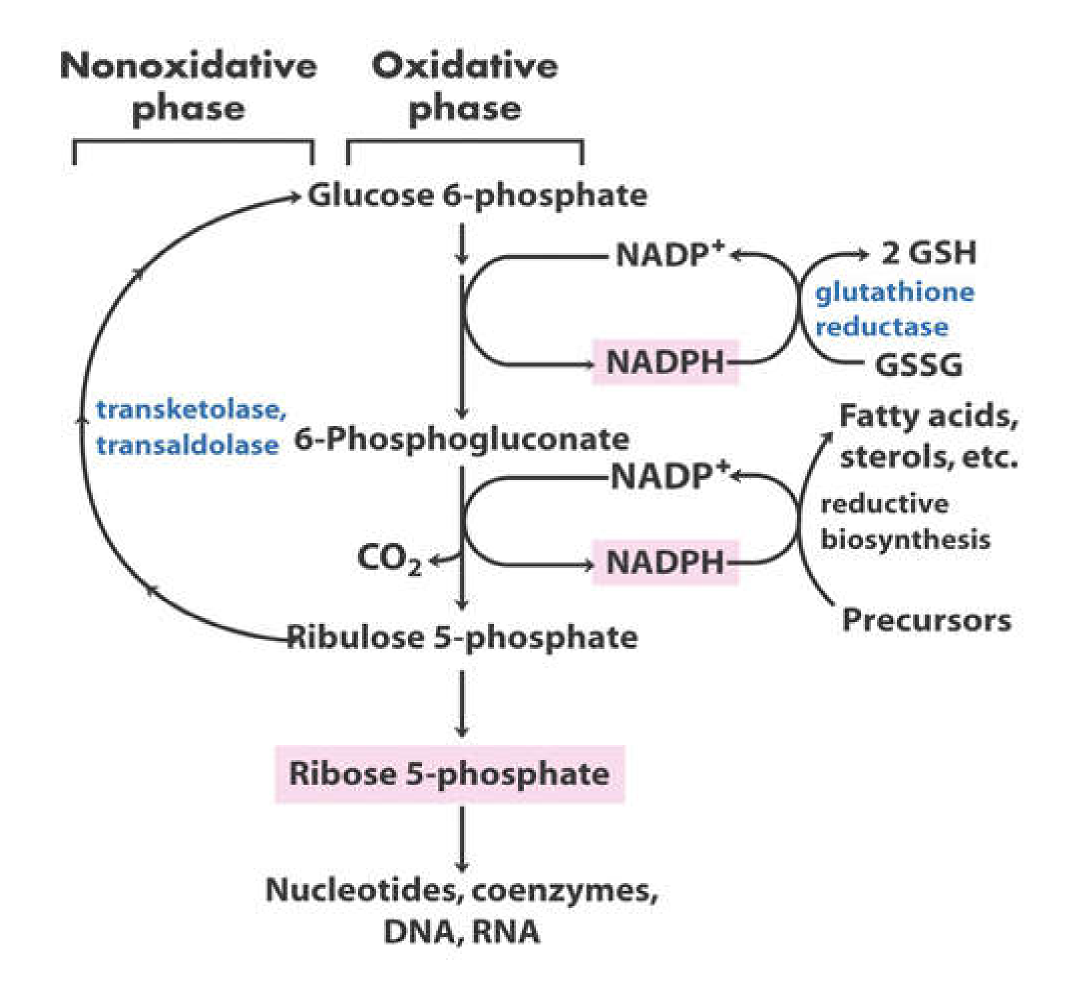
١- **الخطوة الأولي:** وفيها يتأكسد الجلوكوز ٦ – فوسفات إلي مركب ٦ – فوسفو جلوكون لاكتون ويتم ذلك بواسطة إنزيم Glucose 6 – phosphate dehydrogenase (G6PDH) وفي وجود NADP.

وتعتبر هذه الخطوة هي الموقع التنظيمي الرئيسي في مسار البنتوز فوسفات حيث يعمل مركب NADPH الناتج من نفس الخطوة علي تثبيط إنزيم (G6PDH) ويمكن اعتبار أن هذه الخطوة تحدث نوع من التنظيم الذاتي لمسار البنتوز فوسفات.

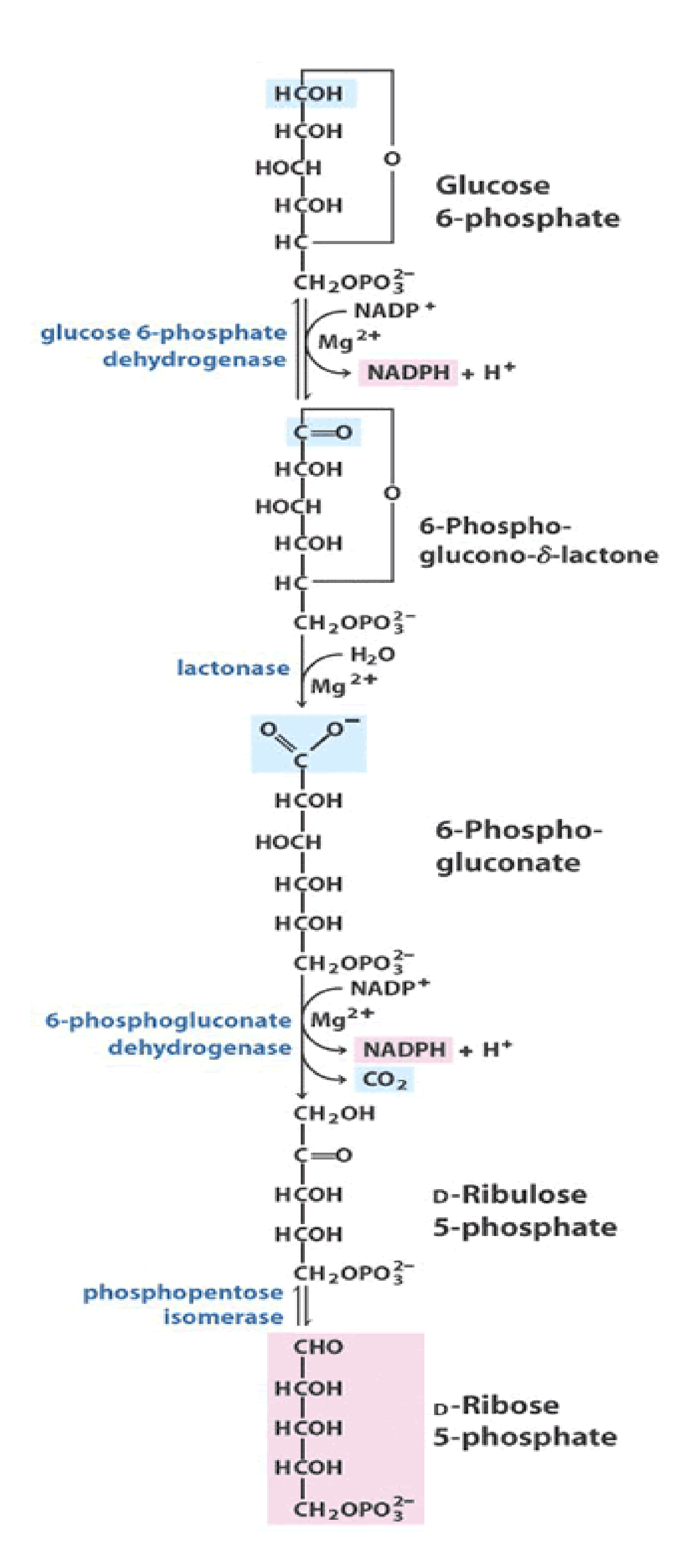
٢- **الخطوة الثانية:** وفيها يعمل إنزيم Gluconolactase علي التحليل المائي لمركب ٦ – فوسفو جلوكون لاكتون لينتج السكر الحامضي ٦ – فوسفو جلوكونيك .

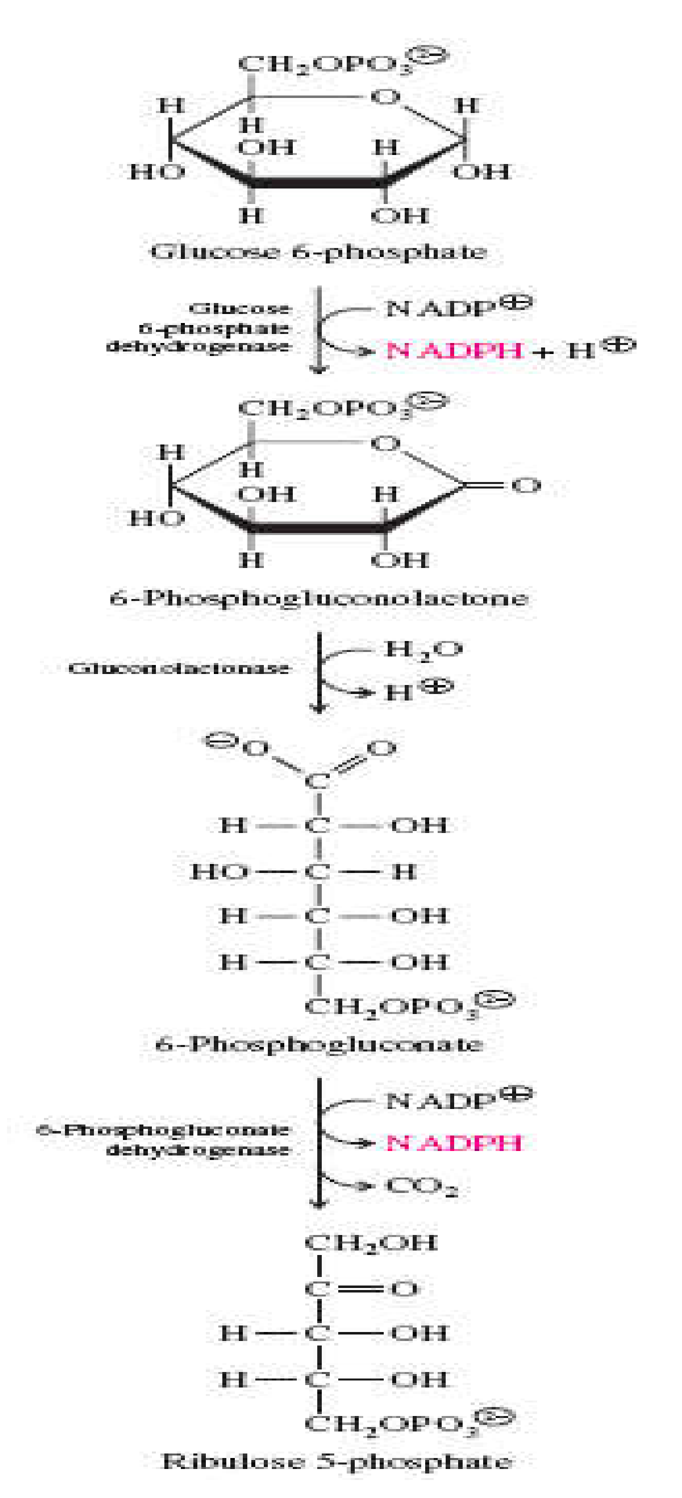
٣- **الخطو الثالثة:** وفيها يعمل إنزيم 6 – Phosphogluconate dehydrogenase عملية أكسدة مصحوبة بنزع مجموعة كربوكسيل للسكر الحامضي الناتج من الخطوة السابقة (٦ – فوسفو جلوكونيك) وناتج هذه الخطوة هو إنتاج الجزيء الثاني من NADP والسكر الخماسي ريبولوز ٥ – فوسفات وجزيء ثاني أكسيد كربون.

ويمكن القول بأن المحصلة النهائية للمرحلة الأولي (Oxidative phase) هي أكسدة السكر السداسي إلي سكر خماسي وثاني أكسيد كربون وإنتاج ٢ جزيء من مركب NADP.

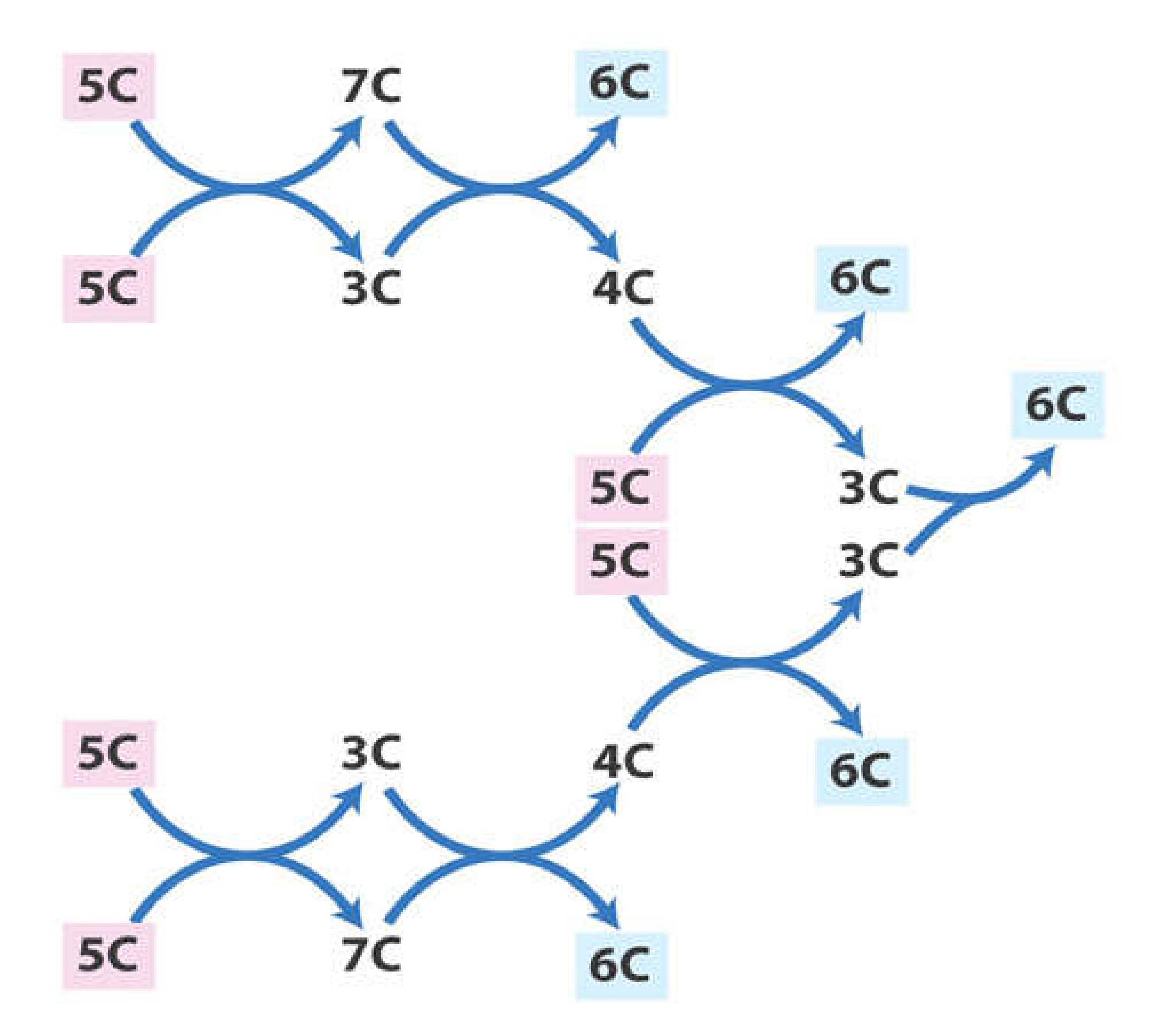


The reactions of the oxidative phase of the pentose pathway are catalyzed by cytosolic enzymes.


HCOH
HCOH
HOCH
O
HCOH
HC
CH2OPO3 2−
Glucose
6-phosphate
glucose 6-phosphate
dehydrogenase
NADP+
Mg2+
NADPH + H+
C=O
HCOH
HOCH
O
HCOH
HC
CH2OPO3 2−
6-Phospho-
glucono-δ-lactone
lactonase
H2O
Mg2+
O
O−
C
HCOH
HOCH
HCOH
HCOH
CH2OPO3 2−
6-Phospho-
gluconate
6-phosphogluconate
dehydrogenase
NADP+
Mg2+
NADPH + H+
CO2
CH2OH
C=O
HCOH
HCOH
CH2OPO3 2−
D-Ribulose
5-phosphate
phosphopentose
isomerase
CHO
HCOH
HCOH
HCOH
CH2OPO3 2−
D-Ribose
5-phosphate



Oxidative Stage of Pentose phosphate pathway



So, with an input of 6 molecules of 5 carbon sugars, the yield is 5 molecules of 6 carbon sugar.

The reactions that are catalyzed by the transaldolase and transketolase should look pretty familiar based on what we have discussed already.

The transketolase utilizes a TPP cofactor to transfer 2 carbon units, while the transaldolase functions much as the type I aldolase that cleaves fructose 1,6 bisphosphate. It transfers 3 carbon units.

The transketolase mechanism is shown below--

The transaldolase mechanism is shown below

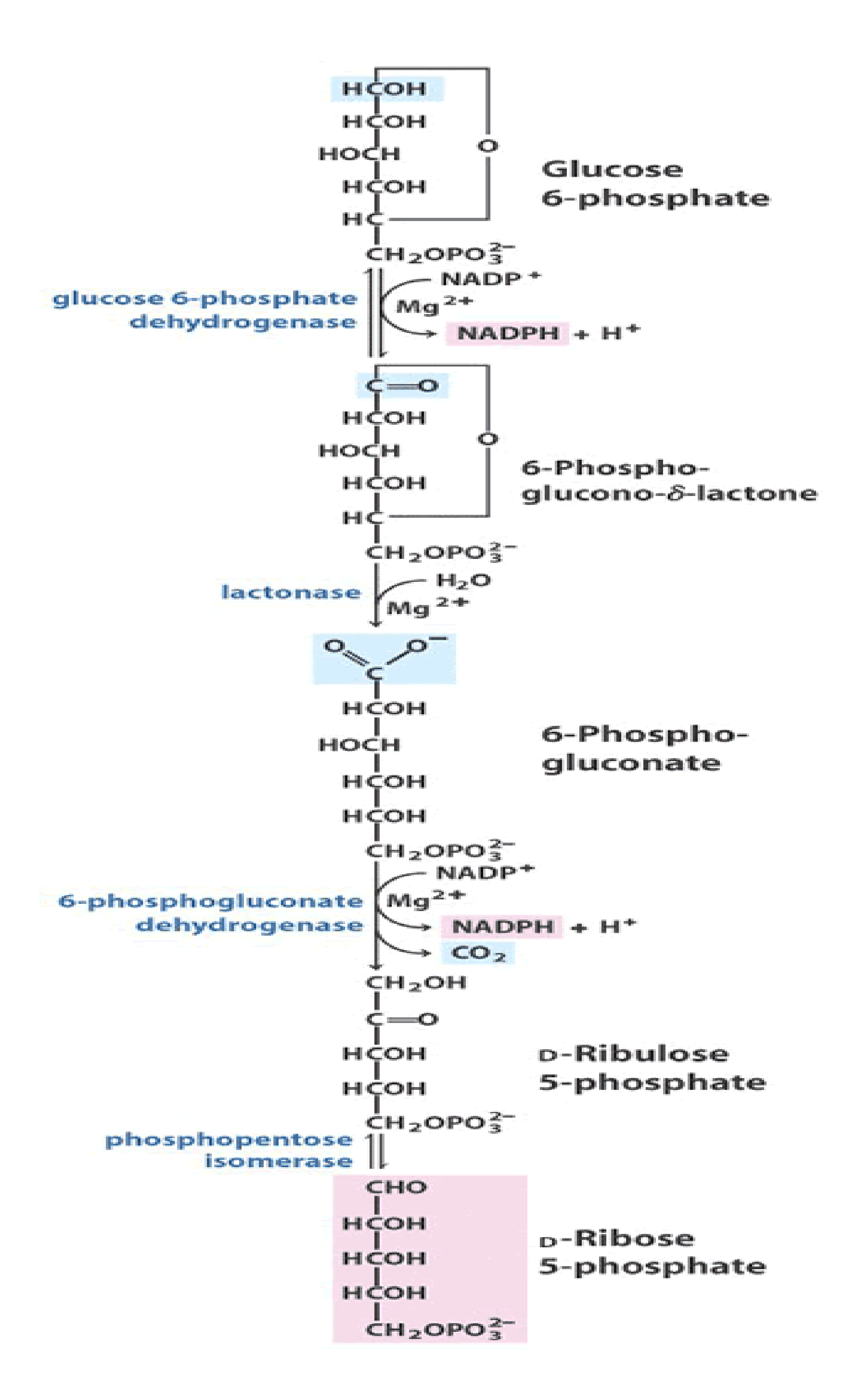
S7P

E4P

GAP

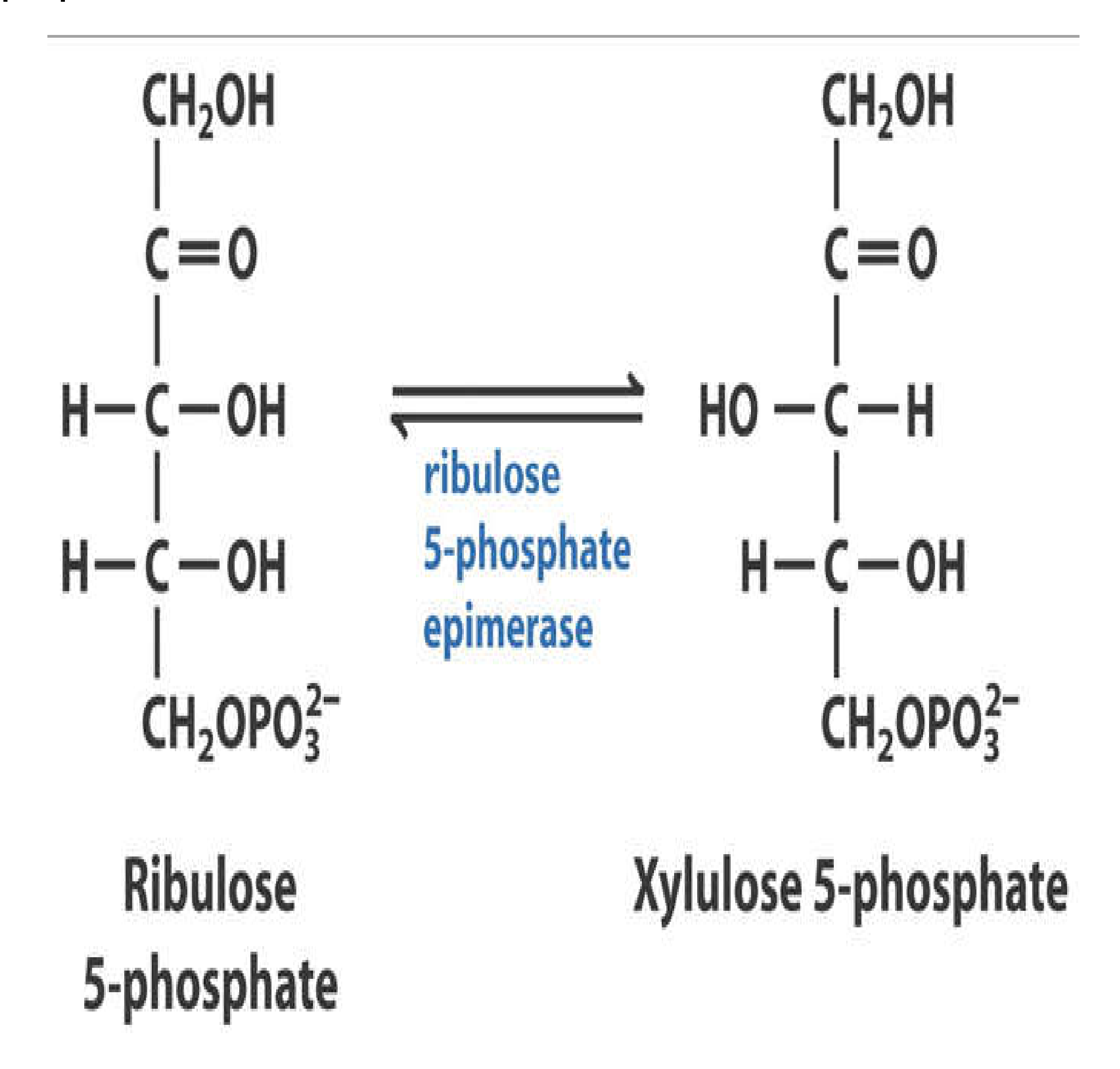
F6P

The reactions of the oxidative phase of the pentose pathway are catalyzed by cytosolic enzymes.



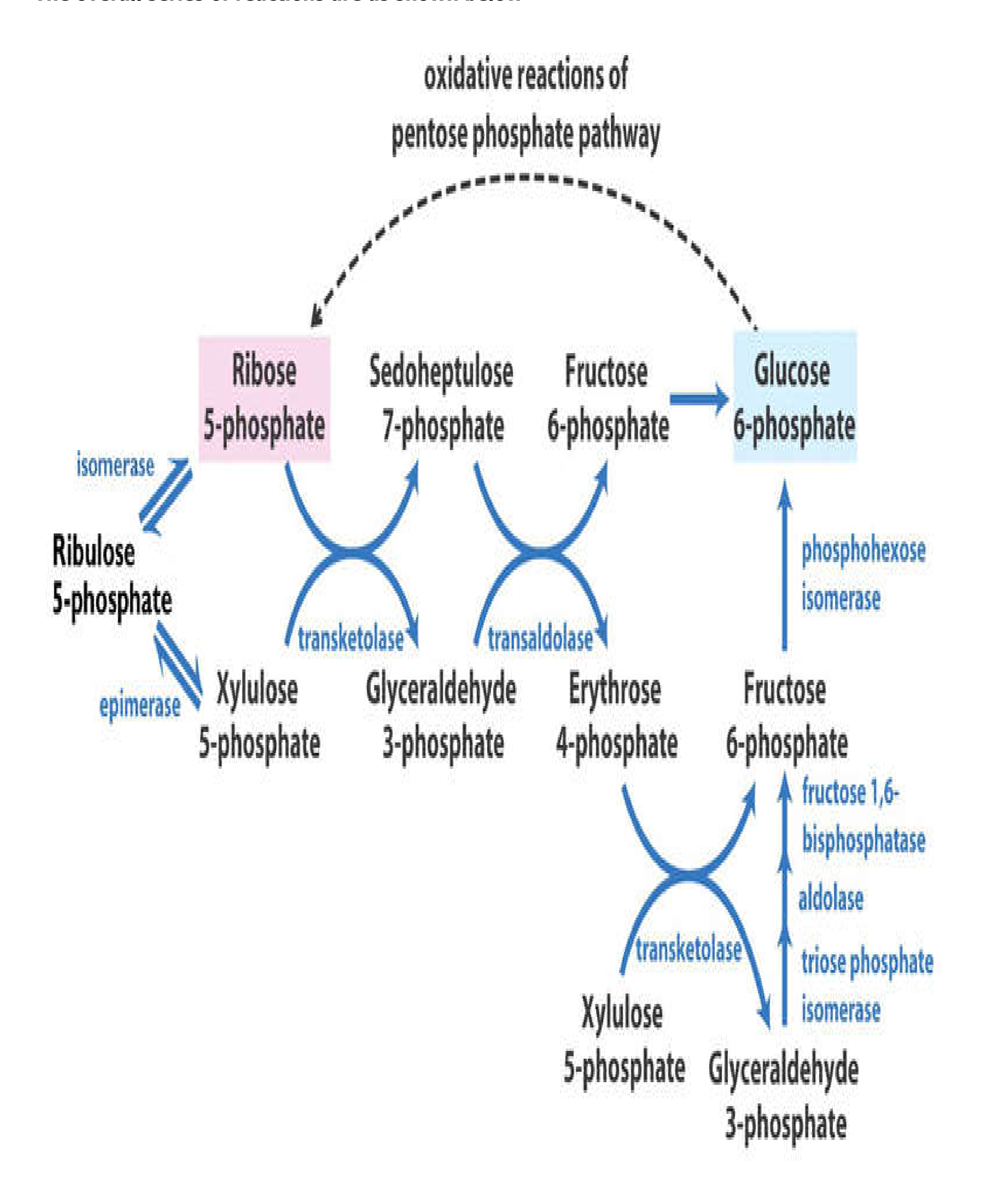
HCOH
HCOH
HOCH
HCOH
HC
O
Glucose 6-phosphate
$CH_2OPO_3^{2-}$
glucose 6-phosphate dehydrogenase
$NADP^+$
Mg^{2+}
NADPH + H^+
C=O
HCOH
HOCH
HCOH
HC
O
6-Phospho-glucono-δ-lactone
$CH_2OPO_3^{2-}$
lactonase
H_2O
Mg^{2+}
O
O^-
C
HCOH
HOCH
HCOH
HCOH
6-Phospho-gluconate
$CH_2OPO_3^{2-}$
6-phosphogluconate dehydrogenase
$NADP^+$
Mg^{2+}
NADPH + H^+
CO_2
CH_2OH
C=O
HCOH
HCOH
D-Ribulose 5-phosphate
$CH_2OPO_3^{2-}$
phosphopentose isomerase
CHO
HCOH
HCOH
HCOH
$CH_2OPO_3^{2-}$
D-Ribose 5-phosphate

The nonoxidative, or carbon shuffling, phase of the pentose pathway consists of a series of rearrangements of 3, 4, 5, 6 and 7 carbon sugars through which 6 molecules of ribulose 5-phosphate are converted into 5 molecules of glucose 6-phosphate. The carbon shuffling reactions are catalyzed by 2 enzymes, transketolase and transaldolase. The shuffling reactions begin with ribose 5-phosphate and xylulose 5-phosphate, and epimer of ribulose 5-phosphate.



Based on what you have already learned, can you make a pretty good guess as to how this enzyme would carry out the chemistry?

The overall series of reactions are as shown below--



المرحلة الثانية Non-oxidative phase:

ويتمثل ناتج هذه المرحلة في إمداد الجسم بالسكرات الخماسية وكذلك السكرات المفسفرة التي تأخذ أحد مسارين: (١) إما أن تدخل في دورة الأكسدة اللاهوائية Glycolysis أو (٢) تكوين الجلوكوز من خلال عملية Gluconeogenesis.

وتقسم إلي ثلاث خطوات:

١– الخطوة الأولي: وفيها يتحول سكر الريبولوز ٥ – فوسفات إلي السكرات الخماسية الأخري عن طريق:

أ– إنزيم Ribulose 5- Phosphate 3-epimerase الذي يحول سكر الريبولوز ٥ – فوسفات إلي سكر الزيليولوز ٥ – فوسفات.

ب– إنزيم Ribose 5-Phosphate isomerase الذي يحول سكر الريبولوز ٥ – فوسفات إلي سكر الريبوز ٥ – فوسفات.

1- Conversion of Ribulose 5-P to Xylulose 5- P and Ribose 5-P

٢- الخطوة الثانية: إتحاد سكرات الزيليولوز ٥ – فوسفات والريبوز ٥ – فوسفات المتكونين في الخطوة السابقة بواسطة إنزيم Transketolase لتكوين مركب الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات والسكر السباعي سيدوهيبتيولوز ٧ – فوسفات.
وإنزيم Transketolase يعرف أيضا بإنزيم glycoaldehydetransferase ودوره أنه يعمل علي نقل ذرتي كربون (مجموعة Glycoaldehyde) من السكر الكيتوني إلي السكر الألدهيدي ونتيجة لذلك يقل طول السلسلة الكربونية للسكر الكيتوني بمقدار ذرتي كربون في حين يزداد طول السلسلة الكربونية للسكر الألدهيدي بمقدار ذرتي كربون.
ويعمل هذا الإنزيم في موضعين من مسار البنتوز فوسفات:
أ- يعمل علي نقل ذرتي كربون من السكر الكيتوني الريبيولوز ٥ – فوسفات إلي السكر الألدهيدي الريبوز ٥ – فوسفات لينتج السكر الثلاثي الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات والسكر السباعي السيدوهيبتيولوز ٧ – فوسفات

Xylulose 5-phosphate + Ribose 5-phosphate ⇌ (Transketolase) Glyceraldehyde 3-phosphate + Sedoheptulose 7-phosphate

2- Reaction catalyzed by transketolase

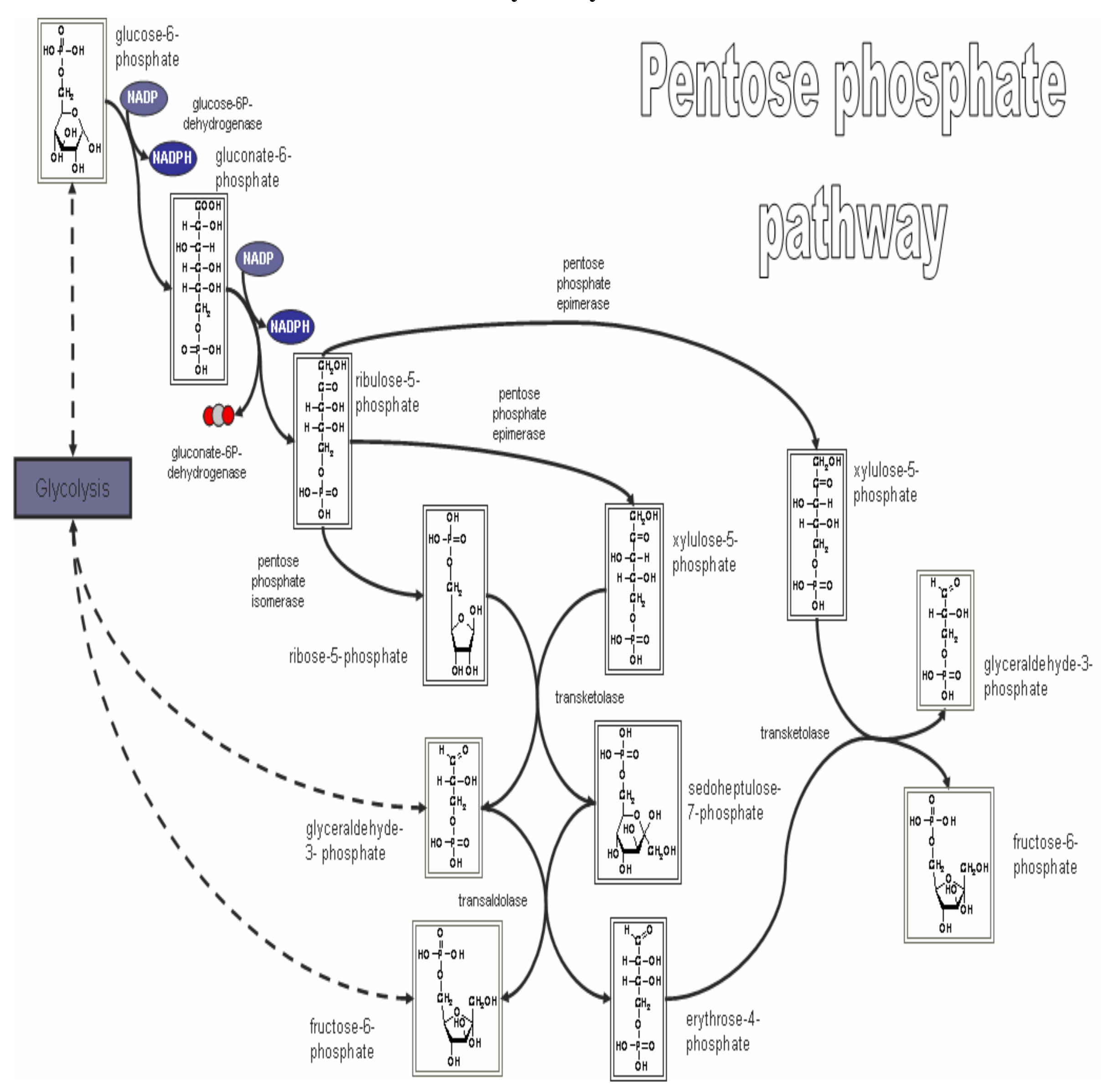
ب- يعمل علي نقل ذرتي كربون من السكر الكيتوني الخماسي الزيليولوز ٥ – فوسفات إلي السكر الألدهيدي الرباعي الإريثروز ٤ – فوسفات لينتج السكر الثلاثي الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات والسكر السداسي الفركتوز ٦ – فوسفات.

Xylulose 5-phosphate + Erythrose 4-phosphate ⇌ (Transketolase) Glyceraldehyde 3-phosphate + Fructose 6-phosphate

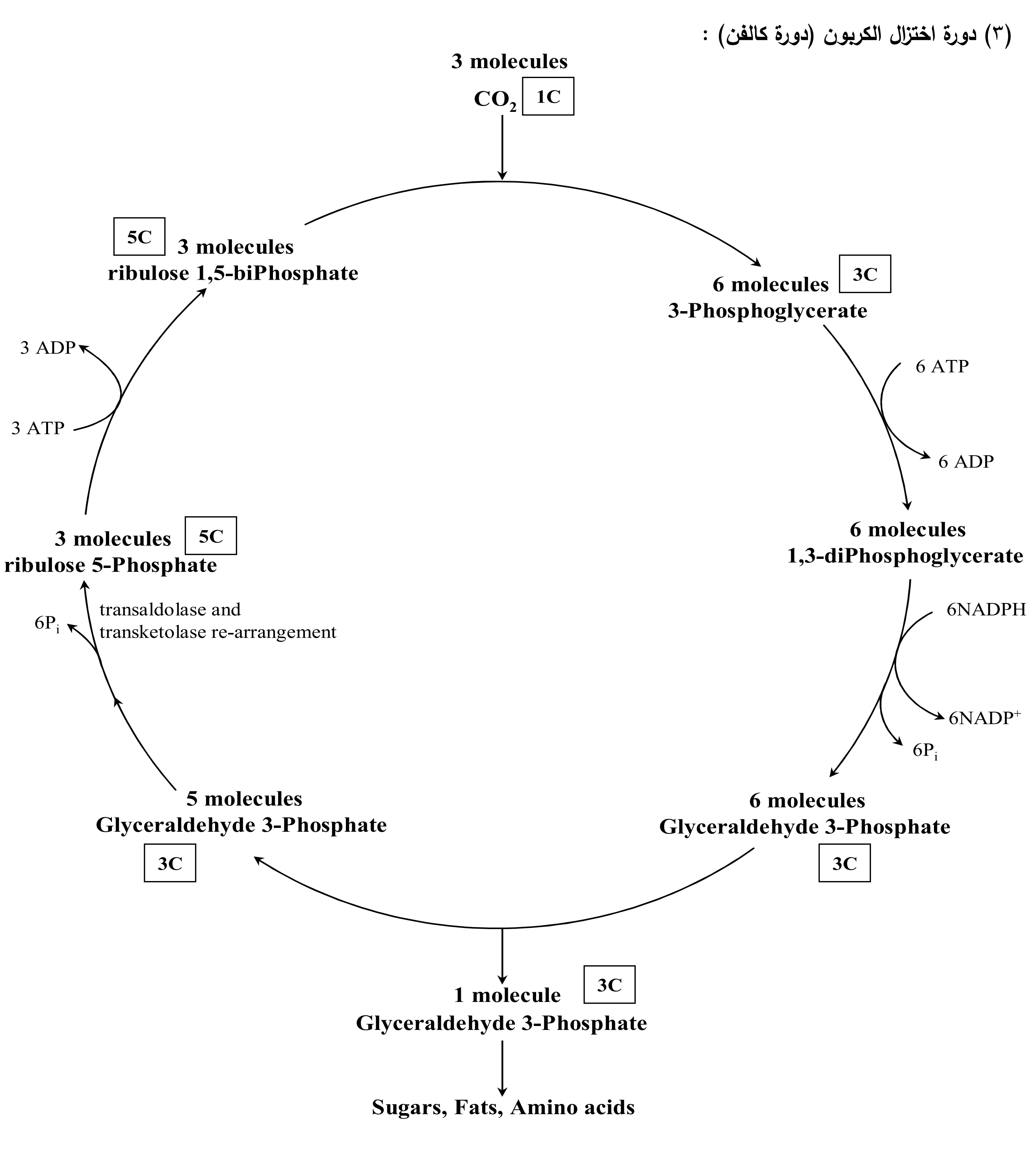
٣- الخطوة الثالثة: إتحاد سكر سيدوهيبتيولوز ٧ – فوسفات مع مركب الجلسرألدهيد ٣ – فوسفات المتكونين من الخطوة السابقة بمساعدة إنزيم Transaldolase لتكوين السكر الرباعي إريثروز ٤ – فوسفات والسكر السداسي الفركتوز ٦ – فوسفات.
وإنزيم Transaldolase يعرف أيضا بإنزيم dihydroxyacetonetransferase ويتلخص دوره في أنه يعمل علي نقل ثلاث ذرات كربون (مجموع Dihydroxyacetone) من السكر الكيتوني إلي السكر الألدهيدي.

Sedoheptulose 7-phosphate + Glyceraldehyde 3-phosphate $\rightleftharpoons$ (Transaldolase) Erythrose 4-phosphate + Fructose 6-phosphate

3- Reaction catalyzed by transaldolase



(٣) دورة اختزال الكربون (دورة كالفن) :



حساب عدد مولات الـ ATP الناتجة من دورة كـالفن:

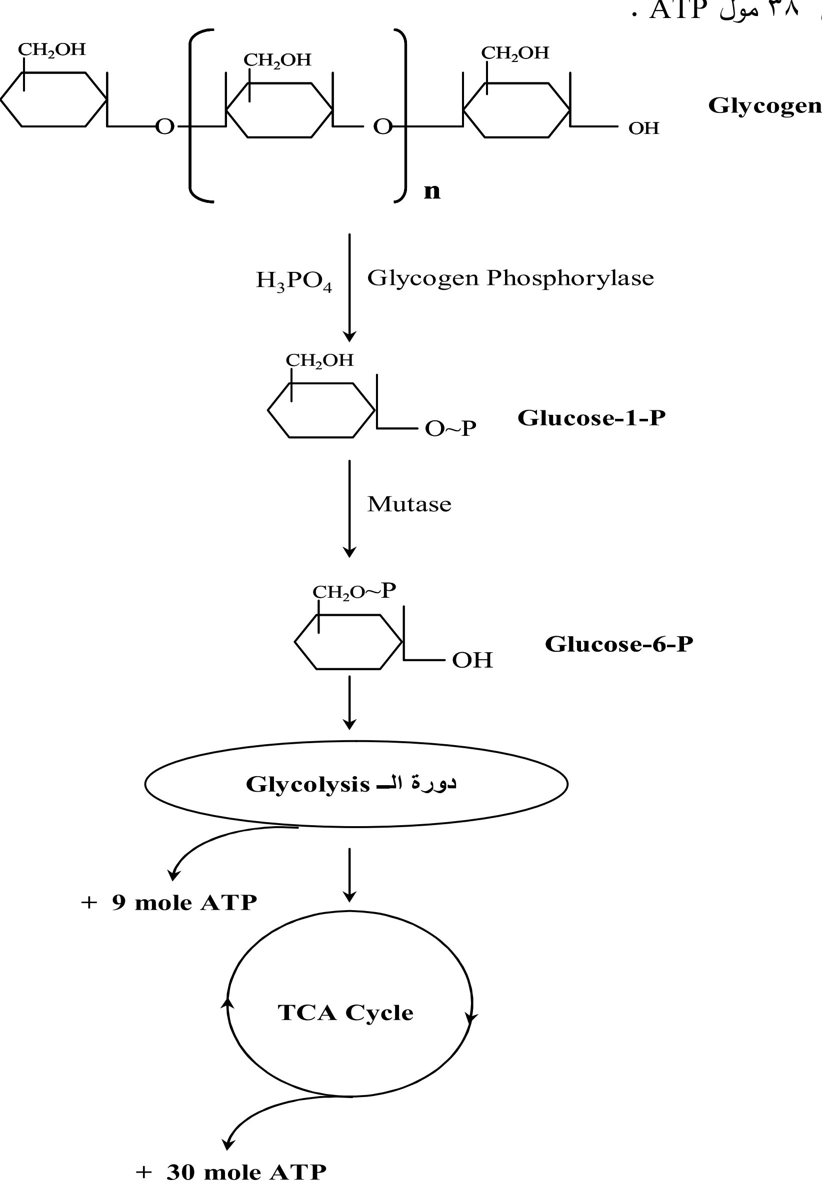
عدد مولات الـ ATP المستهلكة = ٦ مول + ٣ مول = ٩ مول ATP

عدد مولات الـ ATP الناتجـة = ١٨ مول من ٦ مول NADP

اذا المحصلة النهائيـة = ١٨ – ٩ = ٩ مول ATP

(٤) التمثيل الغذائى للجليكوجين كمصدر للطاقة **Bioenergetics of glycogen as an energy source**:

يتم هدم الجليكوجين (**glycogenolysis**) عند انخفاض مستوى الجلوكوز فى الدم حيث يعتبر الجليكوجين المصدر الأساسى لتخزين الجلوكوز. ويتم هدم الجليكوجين بواسطة انفصال وحدات من سكر الجلوكوز من التفرعات المختلفة لسلسلة الجليكوجين من النهايات الغير مختزلة وذلك بواسطة انزيمGlycogen Phosphorylase حيث يعطى وحدات من الجلوكوز–٦– فوسفات. ويعتبر الجليكوجين أكثر كفاءة من الجلوكوز فى انتاج الطاقة نظرا لتحوله الى Glucose -1- phosphate بواسطة فوسفات معدنى (H_3PO_4) وبواسطة انزيم Glycogen Phosphorylase. ثم فى وجود انزيم Mutase هذا Glucose -1- phosphate يتحول الى Glucose -6- phosphate يدخل فى الدورة اللاهوائية Glycolysis ثم الدورة الهوائية TCA وبالتالى يتم توفير واحد مول ATP اللازم لتحويل الجلوكوز Glucose الى جلوكوز –٦– فوسفات Glucose -6- phosphate فى بداية الدورة الهوائية Glycolysis وعلى ذلك تكون محصلة الطاقة الناتجة من التمثيل الغذائى للجليكوجين ٣٩ مول ATP وليس ٣٨ مول ATP .



(٢) التمثيل الغذائى لليبيدات Lipid Metabolism

تعتبر الاحماض الدهنية الناتجة من تحليل المواد الدهنية المصدر الرئيسى للطاقة فى الكائن الحى نتيجة عمليات (الاكسدة) الهدم Catabolism وتعد الجلسريدات الثلاثية Triacylglycerol (الزيت أو الدهن) المصدر الاساسى لتخزين مصادر الطاقة وكذلك الفوسفوليبيدات المكون الاساسى فى تركيب جدر الخلايا حيث تحتوى على الاحماض الدهنية فى تركيبها الجزئى. توجد انزيمات متخصصة لتكسير روابط الاستر الموجودة فى الجلسريد الثلاثى فتنفرد الاحماض الدهنية الحرة Fatty acids والجلسرول مثل انزيمات Lipase وانزيمات Phospholipases لتحليل الفوسفوليبيدات.

ويتحول الجلسرول إلي جلسر ألدهيد ٣ فوسفات الذي يدخل بدوره في مسارات تمثيل الكربوهيدرات حيث يتجه إلي دورة الأكسدة اللاهوائية Glycolysis أو يتجه لبناء جلوكوز خلال عملية Gluconeogenesis.

وتتم أكسدة الأحماض الدهنية فى الميتوكوندريا Mitochondria وبواسطة انزيمات Fatty acids oxidases الموجود فى الـ Matrix. وتسمى عملية أكسدة الأحماض الدهنية بواسطة انزيمات Fatty acids oxidases بالأكسدة فى الوضع بيتا Beta أو تسمى بالـ Beta-oxidation لأنه يحدث كسر بين ذرتى الكربون ألفا (α) وبيتا (β) من ناحية مجموعة الكربوكسيل.

كسر

CH3 – C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-C — C – COOH

أكسدة الاحماض الدهنية:

تختلف طرق تمثيل الاحماض الدهنية فردية عدد ذرات الكربون وزوجية عدد ذرات الكربون وكذلك الاحماض الدهنية الغير مشبعة ولكن تتشابهة فى عمليات الاكسدة فى الوضع بيتا.

خطوات اكسدة الحامض الدهنى فى الوضع بيتا:

تبدأ الاكسدة بفصل وحدة مكونة من عدد ٢ ذرة كربون (2C) بداية من جهة مجموعة الكربوكسيل وتسمى هذه العملية β-oxidation ، حيث تبدأ عملية الفصل لكل ذرتين كربون من الذرة β (β-Carbon) ويتبعها عملية استرة esterified بواسطة المعاون الانزيمى (CoA-SH) ، وذرة الكربون β للحمض الدهنى الاصلى تتحول الى مجموعة كربوكسيل لتبدء عملية الكسر مرة اخرى وهكذا.

خطوات دروة الـ β-oxidation :

١– تنشيط الحامض الدهنى Fatty acid activation:

قبل ان تدخل الاحماض الدهنية فى دورات الاكسدة β-oxidation تجرى لها عملية تنشيط بـ ٢ جزئ ATP (استهلاك رابطتين عالية فى الطاقة من جزئ ATP). حيث تبدأ الاكسدة بفصل عدد ٢ ذرة كربون (2C) من ناحية مجموعة الكربوكسيل وتسمى هذه العملية β-oxidation ، حيث تبدأ عملية الفصل لكل ذرتين كربون من الذرة β (β-Carbon) ويتبعها عملية استرة esterified بواسطة المعاون الانزيمى (CoA-SH) فيتحول الحامض الدهنى الى الاسيل كو A (Acyl-CoA). أى أنه فى هذه الخطوة يتم تنشيط الحامض الدهنى باستخدام ٢ جزئ ATP وفى وجود معاون انزيم CoA-SH الي Acyl-CoA.

٢– أكسدة الاسيل كو A Acyl-CoA Oxidation :

يتم اكسدة الاسيل كو A فى الميتوكوندريا (Matrix) بين الذرتين الفا وبيتا وتحويلة الى اسيل كو A غير مشبع (Unsaturated Acyl-CoA) وتتم هذه الخطوة فى وجود انزيم اسيل كو A ديهيدروجينيز (Acyl-CoA dehydrogenase) وبمصاحبة FAD حيث يتحول الى FADH2 الذى يدخل سلسلة التنفس ويعطى ٢ جزئ من ATP.

٣– دخول جزئ ماء Hydration:

فى هذا التفاعل يتم دخول جزئ ماء (HOH) على Unsaturated Acyl-CoA ليتحول الىβ-Hydroxyacyl-CoA بيتا هيدروكسى اسيل كو A وذلك فى وجود انزيم Inolase.

٤– أكسدة بيتا هيدروكسى اسيل A β-Hydroxyacyl-CoA Oxidation

تتم عملية اكسدة لمركب بيتا هيدروكسى اسيل كو A ليتحول الى بيتا كيتو اسيل كو A (β-Ketoacyl-CoA) بمساعدة انزيم CoA-β-hydroxyacyl dehydrogenase ومصاحب +NAD حيث يتحول الى NADH2 يدخل سلسلة التنفس ليعطى ٣ جزيئات ATP.

٥–اكسدة بيتا كيتو اسيل كو A Ketoacyl-CoA oxidation

فى هذا التفاعل تتم علمية فصل ذرتين كربون ترتبط مع (CoA-SH) ليتكون Acetyl CoA من β-Ketoacyl-CoA اى يتم فصل ذرتين كربون عن الحمض الدهنى الاصلى فيقل طول السلسلة الكربونية للحمض الدهنى بمقدار ذرتين كربون ويتبقى مركب Acyl-CoA لتعاد الخطوات ٢ ، ٣ و ٤ السابقة مرة اخرى وفى كل مرة ينفصل مركب Acetyl CoA وتنطلق مركبات الطاقة ATP.

ملاحظات على β-oxidation:

١- الاكسدة فى الوضع β اذا كان عدد ذرات كربون الحامض الدهنى زوجى فانه ينتج عنها مركب Acetyl-CoA يساوى نصف عدد ذرات الكربون فمثلاً حمض الاستياريك (C18:0) ينتج عنه ٩ جزيئات Acetyl - CoA عند الاكسدة الكاملة فى β-oxidation .

٢- عدد دورات الاكسدة فى الوضع β فى حالة C18:0 يساوى ٨ مرات وليست ٩ مرات اى دورات الاكسدة تساوى (½ عدد ذرات كربون الحامض الدهنى – ١).

٣- استكمال الاكسدة لمركب Acetyl – CoA الناتج من الاحماض الدهنية الى CO2 وماء يتم من خلال دخولة فى دورة Citric acid واستكمال سلسلة النقل الالكترونى (Electron transport chain (Oxidative phosphorylation.

٤- تتم الاكسدة فى الوضع β فى منطقة Matrix من الميتوكوندريا. حيث أنه بمجرد تنشيط الحامض الدهنى يتم نقل الحامض الدهنى المنشط (الأسيل كو A) الى الميتوكوندريا كما يلى:

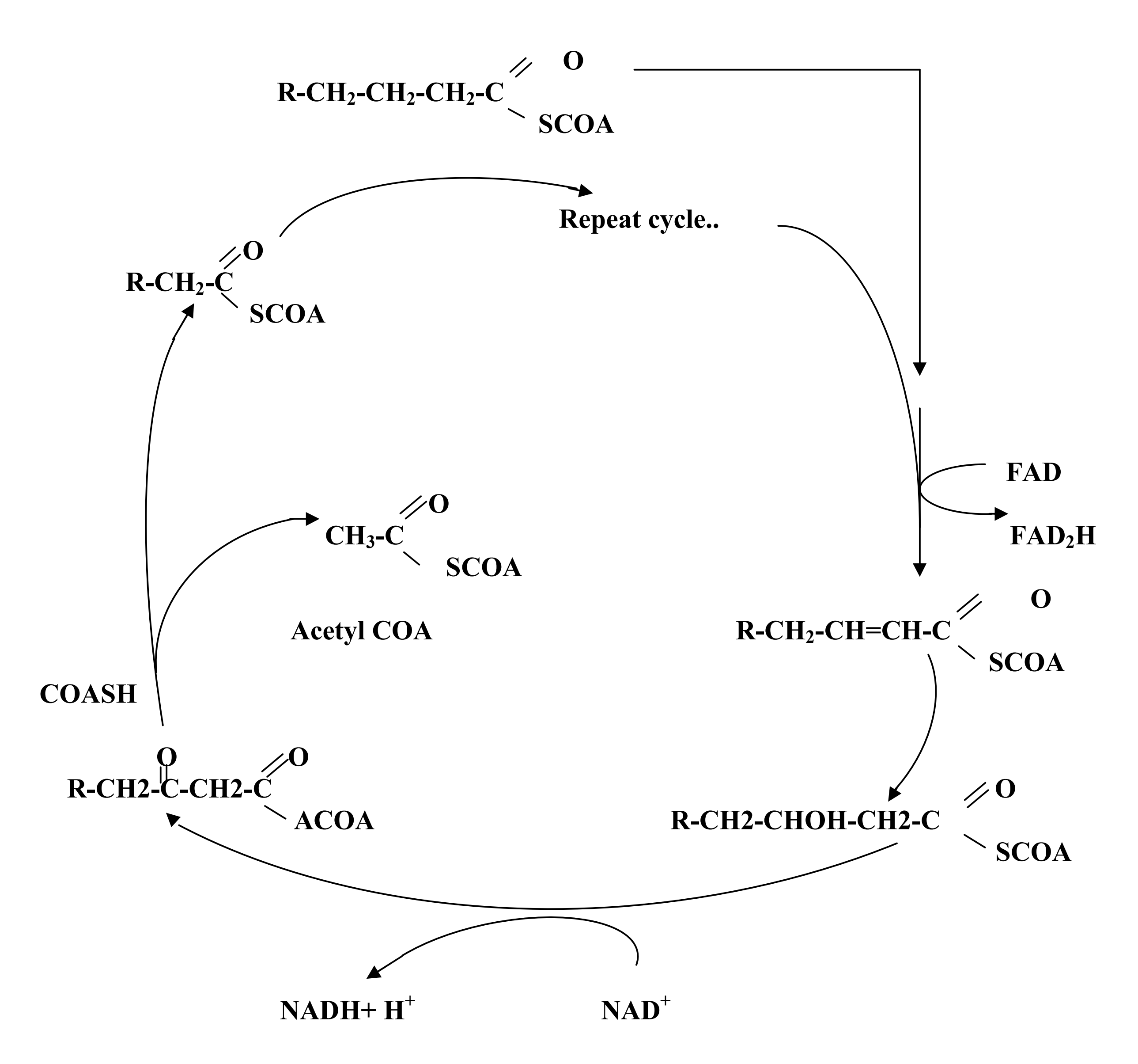
أ- والاسيل كو A (Acyl-CoA) يمر من الجدار الخارجى (Outer) للميتوكوندريا ولا يستطيع المرور من الجدار الداخلى (Inner) ولذلك يحدث له فى المنطقة الوسطى بين الجدار الداخلى والخارجى انتقال الى الكرنيتين بواسطة عملية نقل الاسترة Transesterification وذلك بمساعدة انزيم Carnitineacyl transferase والذى يوجد على سطح الجدار الداخلى حيث يتكون الاسيل كرنيتين.

يمر مركب الاسيل كرنيتين عبر الجدار الداخلى الى منطقة Matrix فى الميتوكوندريا وعند ذلك تنتقل مجموعة الاسيل من الاسيل كرنيتين الى قرين الانزيمى CoA ليعطى مرة اخرى الاسيل كو A. وتبدأ فى منطقة Matrix فى الميتوكوندريا عملية الاكسدة فى الوضع β.

أكسدة الاحماض الدهنية : **Fatty Acids Oxidation**

تعتبر اكسدة الاحماض الدهنية من مصادر الطاقة فهى تنتج مركبات عالية الطاقة NADH وتقلل من (FADH2) Flavon-adenine dinuclotide وينتج COA .

Fatty acid metabolism and diets



أحماض دهنية اوميجا-٣ : Omega-3-fatty acids (Linolenic acid)

الوصف : Descrition

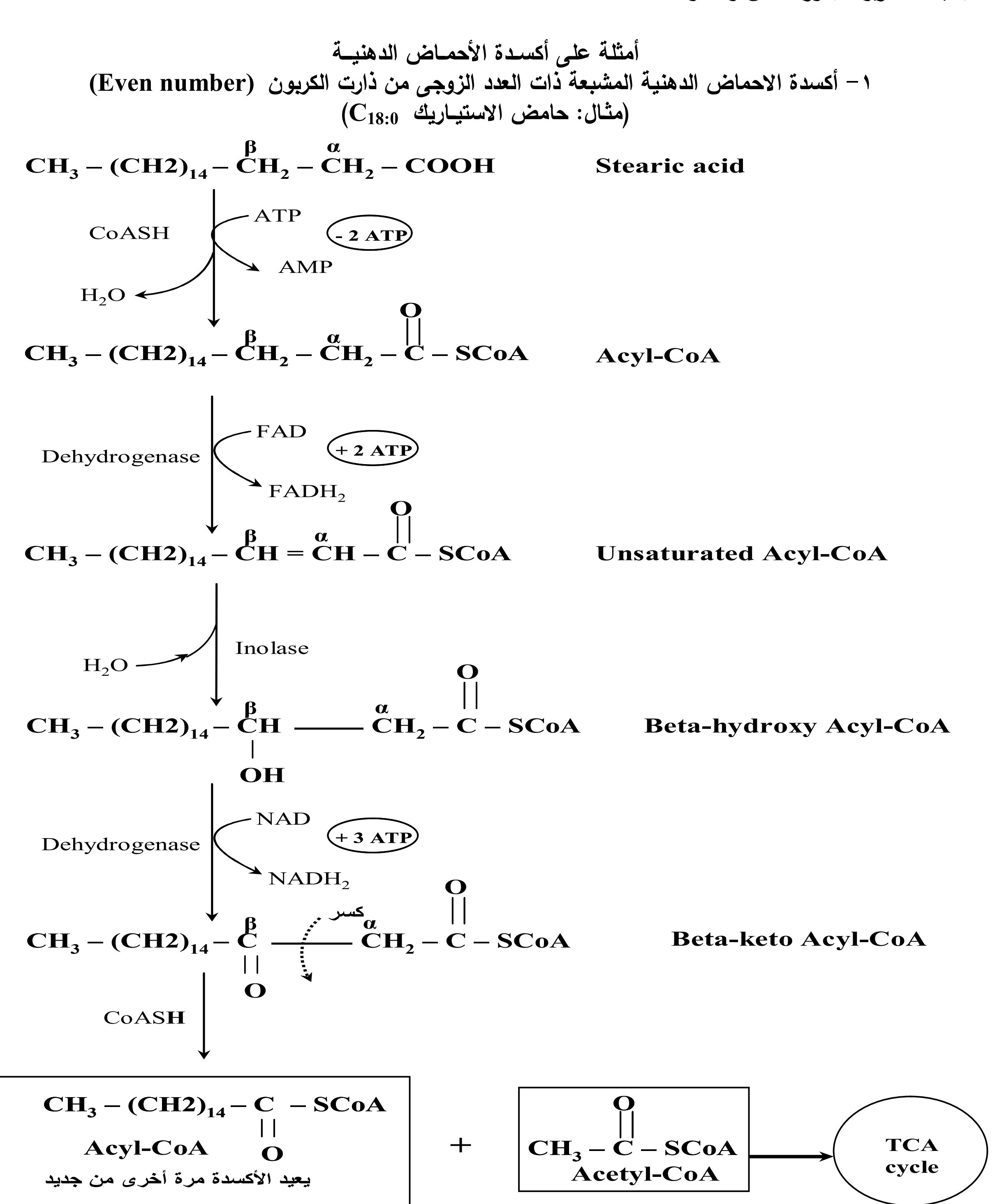
يحتوى حمض اللينولنك على ١٨ ذرة كربون وهو حامض دهنى عديد عديم التشبع به ثلاثة روابط زوجية حمض واميجا-٣ لانه يحتوى رابطة زوجية على ذرة الكربون الثالثة ، وهو حامض اساسى يتحول الى epicosapentaenoid acid (EPA) وهذا

الاخير موجود فى اسماك المياه الباردة Cold-water fish مثل السالمون – الماكريل – الرنجة وايضاً فى بعض الزيوت النباتية مثل زيوت بذور الكتان والكانولا٠

أمثلة على أكسدة الأحماض الدهنيـة

١ – أكسدة الاحماض الدهنية المشبعة ذات العدد الزوجى من ذارت الكربون (Even number)

(مثال: حامض الاستيـاريك $C_{18:0}$)



وهكذا تستمر عملية Beta oxidation وفى كل مرة من الأكسدة ينتج جزئ من Acetyl CoA حتى يتم تكسير الحامض الدهن (حامض الاستياريك) بأكمله الى جزئيات ثنائية الكربون فى صورة Acetyl CoA.

حساب الطاقة الكلية الناتجة من تكسير الحامض الدهنى الاستياريك (Stearic acid (C18:0:

١- عدد مرات التكسير = (½ عدد ذرات الكربون للحامض الدهنى – ١) = (١٨/٢ – ١) = ٨ مرات

٢- عدد مولات الـ ATP الناتجة من أكسدة الـ NAD و FAD = ٥ مول ATP

٣- الطاقة الناتجة من التكسير = ٨ × ٥ ATP = ٤٠ مول ATP.

٤- عدد جزيئات Acetyl CoA الناتجة من التكسير= (½ عدد ذرات الكربون للحامض الدهنى) = ٩ جزئيات

٥- الطاقة الناتجة من الجزئ الواحد من Acetyl CoA = ١٢ مول ATP

٦- الطاقة الناتجة من جزيئات Acetyl CoA = ٩ × ١٢= ١٠٨ مول ATP

٧- عدد مركبات الطاقة المستهلكة في التنشيط = ٢ مول ATP في البداية فقط ولمرة واحدة لان بعد كل مرة تكسير يتكون Acyl CoA منشط وجاهز لـ B- oxidation

٨- عدد مولات الـ ATP الناتجة من تكسير حامض الاستياريك C18:0 = ٤٠ + ١٠٨ – ٢ = ١٤٦ مول ATP.

٩- الطاقة الناتجة من المول الواحد من مركب الطاقة ATP = ٣٣.٥ كيلو جول

١٠- الطاقة الكلية الناتجة من تكسير حامض الاستياريك C18:0 = ١٤٦ × ٣٣.٥ = ٤٨٩١ كيلو جول

١١- الطاقة الكلية التي تنتج من حرق ١ مول من حامض الاستياريك في بومبة المسعر = ٩٧٨٩.٣ كيلو جول

١٢- اذا كفاءة الطاقة Energy efficiency الناتجة من الاستياريك = ٤٨٩١ × ١٠٠/٩٧٨٩.٣ = ٤٩.٩٦%

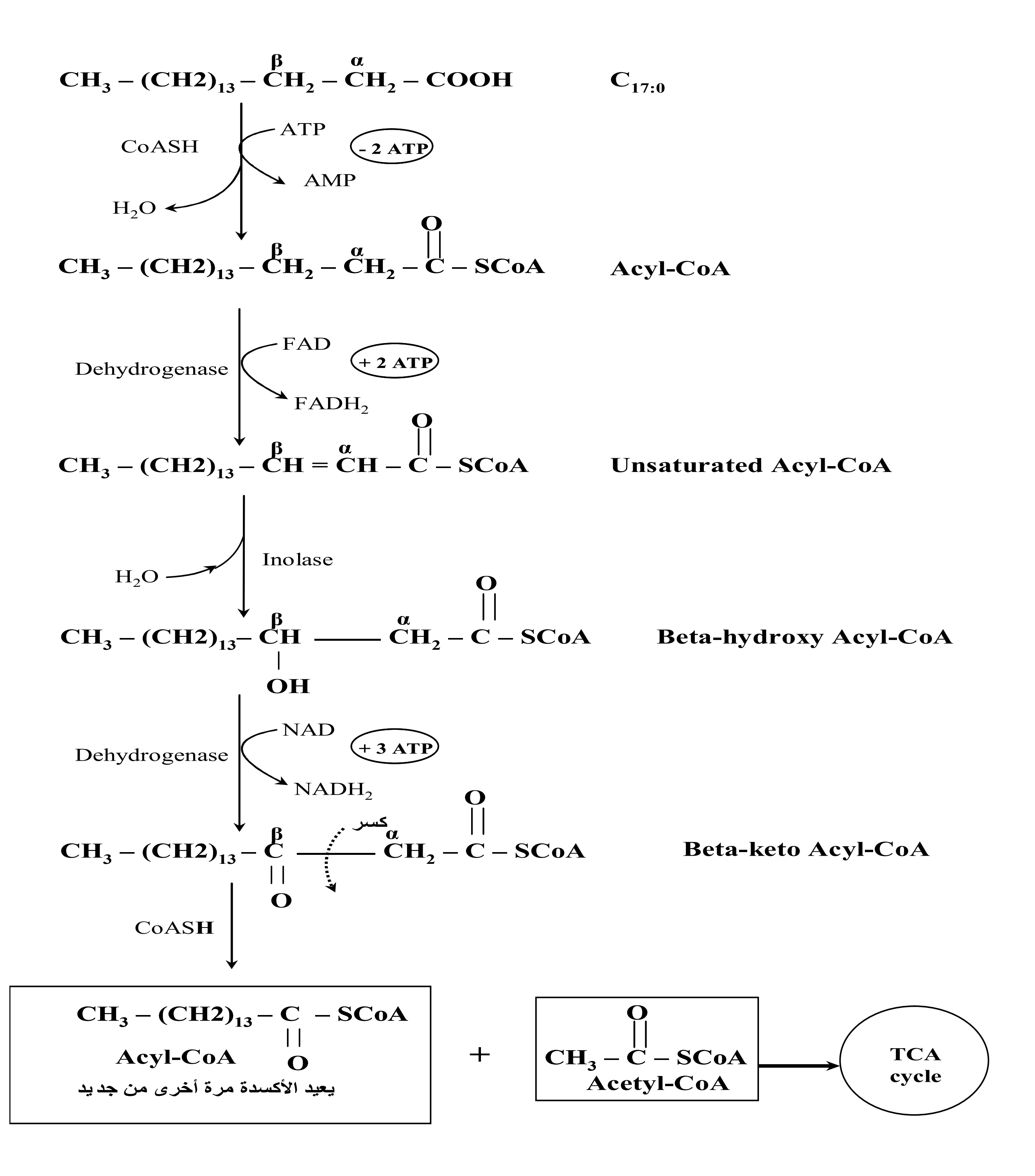
٢- أكسدة الاحماض الدهنية المشبعة ذات العدد الفردى من ذارت الكربون (Odd number)

(مثال: حامض C17:0)

ان اكسدة الاحماض الدهنية الفردية عدد ذارت الكربون والتى توجد فى الطبيعة بنسبة ضئيلة تتم ايضاً من خلال الاكسدة فى الوضع بيتا ولكن أخر دورة من الاكسدة ينتج عنها مركب البروبيونيل كو Propionyl – CoA A (3C) يتحول البروبيونيل كو A بواسطة بعض النظم الانزيمية (كما سبق دراسته فى التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية الطيارة) من خلال تفاعلين فى الدم الشريانى والدم الوريدى حيث:

١- فى الدم الشريانى Peripheral blood يتم تمثيل مركب البروبيونيل كو CoA الى حامض لاكتيك الذى يتحول بدورة الى حامض بيروفيك ثم الى Acetyl CoA الذى بدوره يدخل فى دورة Kripp's (TCA) لانتاج الطاقة وينتج عن تمثيل البروبيونيل كو CoA فى الدم الشريانى (٢٠ مول من الـ ATP).

٢- أما فى الدم الوريدى Portal blood يتم تمثيل مركب البروبيونيل كو CoA حيث يتحول الى جلوكوز الذى يدخل فى دورة الـ Glycolysis ثم فى دورة Kripp's (TCA) لانتاج الطاقة وينتج عن تمثيل البروبيونيل كو CoA غذائيا فى الدم الوريدى (١٩ مول من الـ ATP).



وهكذا تستمر عملية Beta oxidation وفى كل مرة من الأكسدة ينتج جزئ من Acetyl CoA حتى يتم تكسير الحامض الدهن (حامض الاستياريك) بأكمله الى جزئيات الـ Acetyl CoA الى أن يتبقى من ٣ ذرات من الكربون فى صورة مركب البروبيونيل كو CoA يتم تمثيله غذائيا فى الم الشريانى والدم الوريدى لانتاج الطاقة كماسبق.

حساب الطاقة الكلية الناتجة من تكسير الحامض الدهنى (C17:0):

١- عدد مرات التكسير = (عدد ذرات الكربون للحامض الدهنى – ٣) / ٢= (١٧ – ٣) / ٢= ٧ مرات
٢- عدد مولات الـ ATP الناتجة من أكسدة الـ NAD وFAD = ٥ مول ATP
٣- الطاقة الناتجة من التكسير = ٧ × ٥ ATP = ٣٥ مول ATP.
٤- عدد جزيئات Acetyl CoA الناتجة = (عدد ذرات الكربون للحامض الدهنى – ٣) / ٢= ٧ جزئيات
٥- الطاقة الناتجة من الجزئ الواحد من Acetyl CoA = ١٢ مول ATP
٦- الطاقة الناتجة من جزيئات Acetyl CoA = ٧ × ١٢= ٨٤ مول ATP
٧- عدد مولات الـ ATP الناتجة الطاقة الناتجة من البروبيونيل كو CoA فى الدم الشريانى = ٢٠ مول ATP
٨- عدد مولات الـ ATP الناتجة الطاقة الناتجة من البروبيونيل كو CoA فى الدم الوريدى = ١٩ مول ATP
٩- عدد مركبات الطاقة المستهلكة في التنشيط = ٢ مول ATP في البداية فقط ولمرة واحدة لان بعد كل مرة تكسير يتكون Acyl CoA منشط وجاهز لـ B- oxidation
١٠- عدد مولات الـ ATP الناتجة من تكسير حامض C17:0 = (٣٥ + ٨٤ + ١٩ أو ٢٠) – ٢ = ١٣٦ أو ١٣٧ مول ATP.
١١- الطاقة الناتجة من المول الواحد من مركب الطاقة ATP = ٣٣.٥ كيلو جول
١٢- الطاقة الكلية الناتجة من تكسير حامض C17:0 = ١٣٦ أو ١٣٧ × ٣٣.٥ = ٤٥٥٦ أو ٤٥٨٩.٥ كيلو جول.
١٣- الطاقة الكلية التي تنتج من حرق ١ مول من حامض C17:0 في بومبة المسعر = ١٠٢٠٠ كيلو جول
١٤- اذا كفاءة الطاقة Energy efficiency الناتجة من حامض C17:0 = ٤٥٥٦ × ١٠٠ / ١٠٢٠٠= ٤٤.٦٧%
أو ٤٥٨٩.٥ × ١٠٠ /١٠٢٠٠ = ٤٥%.

٣- أكسدة الاحماض الدهنية غيرالمشبعة (Unsaturated fatty acids oxidation)

(مثال: حامض اللينوليك C18::2)

ان اكسدة الاحماض الدهنية غير المشبعة تتطلب تفاعلين اضافيين عن تفاعل الاكسدة فى الوضع بيتا β-oxidation للأحماض الدهنية المشبعة وهما تفاعل cis-trans isomerization بالاضافة الى تفاعل Epimerization. وباستخدام حمض اللينوليك C18:2 الذى يحتوى على رابطين زوجيتين كمثال لاكسدة الاحماض الدهنية الغير مشبعة خلال الاكسدة فى الوضع بيتا ، عند نزع جزئ H2 لتكوين Unsaturated Acyl-CoA وتصبح الرابطة المتكونة فى الوضع trans ولكن معظم الاحماض الدهنية الطبيعية تكون الروابط بها فى الوضع cis وعلى هذا يتضح الفرق فى تمثيل الاحماض الغير مشبعة عن الأحماض المشبعة. وفى حمض اللينوليك توجد الروابط الزوجية فى الوضع cis بين ذرتين الكربون ٩–١٠ والرابطة الاخرى بين ذرتين الكربون ١٢–١٣ ويتم تمثيلة كما يلى :

خطوات هدم حمض اللينولييك:

١- يحدث ثلاث دورات اكسدة فى الوضع بيتا β-oxidation اى يتم فصل ٣ جزيئات من اسيتيل كو A والجزء المتبقى فى هذه الحالة ١٢ ذرة كربون وتكون الروابط الزوجية من النوع cis اصبحت بين ذرتين الكربون ٣ – ٤ والرابطة الاخرى عند ٦–٧ من الجزء المتبقى.
٢- يقوم انزيم Hydratase بنزع جزئ ماء من الوضع trans عند تمثيل الاحماض الدهنية فعلى ذلك لابد من تحول الرابطة بين الذرتين ٣ و ٤ من الوضع cis الى trans ويقوم بذلك انزيم cis-trans isomerase حيث يتغير وضع الرابطة من cis الى trans بين ذرة الكربون ٢–٣ .
٣- يحدث مرتين اكسدة فى الوضع بيتا ينفصل فى كل مرة جزئ من اسيتيل كو A ويتبقى من اصل الحمض الدهنى ٦ ذرات كربون وتكون الرابطة الزوجية فى هذه الحالة بين ذرة الكربون ٢–٣ فى الوضع cis (الجزء المتبقى).
٤- تجرى عملية hydration بواسطة انزيم Hydratase ولكن المشكلة ان مركب β-hydroxy المتكون يكون فى الوضع الفراغى D وهى مشكلة الخطوة القادمة حيث يقوم انزيم Dehydrogenase بنزع H2 من مركب β-hydroxy فى الوضع الفراغى L .
٥- يقوم انزيم Epimerase بتغير الوضع الفراغى من D الى المركب β-hydroxy.
٦- تستكمل عملية الاكسدة فى الوضع بيتا كما فى الاحماض المشبعة للجزء المتبقى من الحمض ، ولما كانت نسبة الاحماض الدهنية الغير مشبعة تصل الى ٤٠% من الدهون المخزنة فى الجسم فهذا يوضح اهمية انزيمات cis-trans isomerase وكذلك انزيم Epimerase فى تمثيل الاحماض الدهنية غير المشبعة.

خطوات هدم حمض اللينولييك:

١- يحدث ثلاث دورات اكسدة فى الوضع بيتا β-oxidation اى يتم فصل ٣ جزيئات من اسيتيل كو A والجزء المتبقى فى هذه الحالة ١٢ ذرة كربون وتكون الروابط الزوجية من النوع cis اصبحت بين ذرتين الكربون ٣ – ٤ والرابطة الاخرى عند ٦-٧ من الجزء المتبقى.

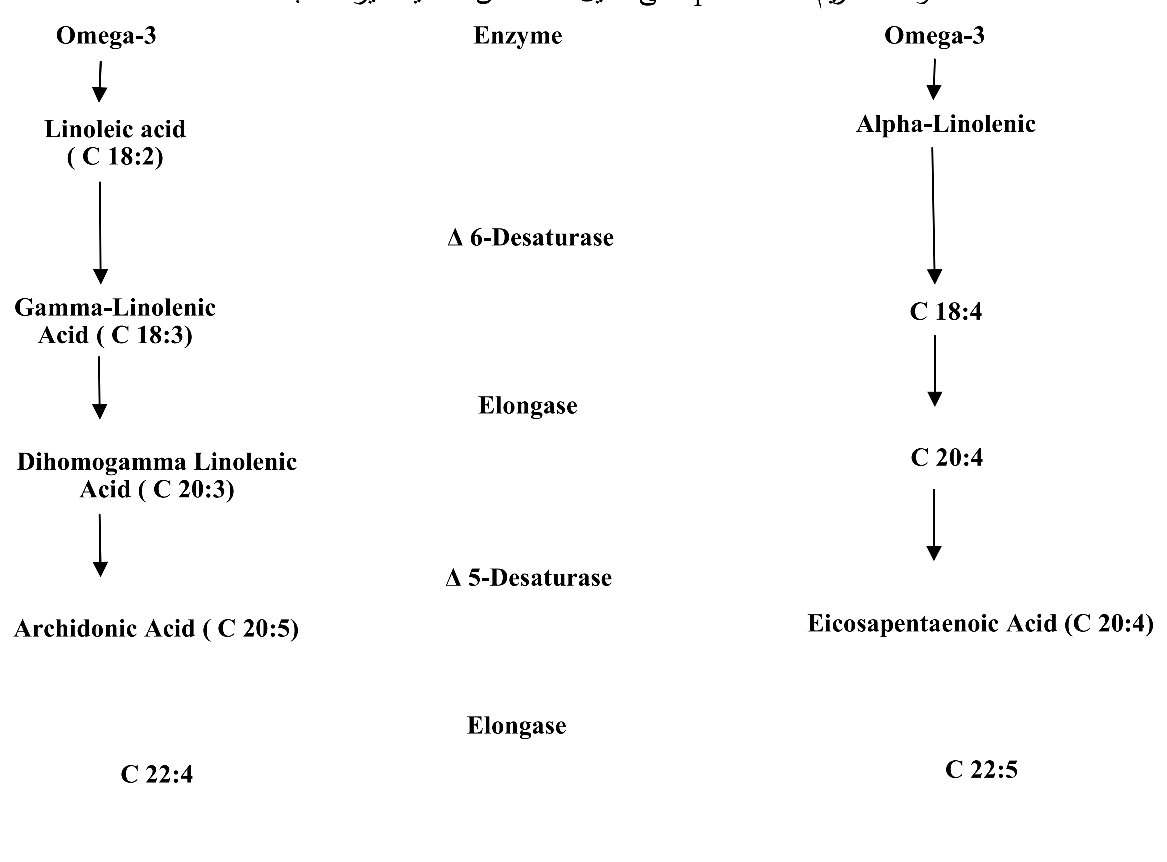
٢- يقوم انزيم Hydratase بنزع جزئ ماء من الوضع trans عند تمثيل الاحماض الدهنية فعلى ذلك لابد من تحول الرابطة بين الذرتين ٣ و ٤ من الوضع cis الى trans ويقوم بذلك انزيم cis-trans isomerase حيث يتغير وضع الرابطة من cis الى trans بين ذرة الكربون ٢-٣ .

٣- يحدث مرتين اكسدة فى الوضع بيتا ينفصل فى كل مرة جزئ من اسيتيل كو A ويتبقى من اصل الحمض الدهنى ٦ ذرات كربون وتكون الرابطة الزوجية فى هذه الحالة بين ذرة الكربون ٢-٣ فى الوضع cis (الجزء المتبقى).

٤- تجرى عملية hydration بواسطة انزيم Hydratase ولكن المشكلة ان مركب β-hydroxy المتكون يكون فى الوضع الفراغى D وهى مشكلة الخطوة القادمة حيث يقوم انزيم Dehydrogenase بنزع H_2 من مركب β-hydroxy فى الوضع الفراغى L .

٥- يقوم انزيم Epimerase بتغير الوضع الفراغى من D الى المركب β-hydroxy.

٦- تستكمل عملية الاكسدة فى الوضع بيتا كما فى الاحماض المشبعة للجزء المتبقى من الحمض ، ولما كانت نسبة الاحماض الدهنية الغير مشبعة تصل الى ٤٠% من الدهون المخزنة فى الجسم فهذا يوضح اهمية انزيمات cis-trans isomerase وكذلك انزيم Epimerase فى تمثيل الاحماض الدهنية غير المشبعة.



عدد من الاحماض الدهنية غير المشبعة وطويلة السلسلة ذات عدد ذرات الكربون ٢٠ و ٢٢ .

Linoleoyl CoA
(18:2, *cis,cis*-$\Delta^{9,12}$)

$\sim\sim\sim CH{=}CH-CH_2-CH{=}CH-CH_2\sim\sim\sim\sim-C(=O)-S\text{-}CoA$

① Three rounds of β-oxidation

(12:2, *cis,cis*-$\Delta^{3,6}$)

$\sim\sim\sim CH{=}CH-\underset{5}{CH_2}-\underset{4}{CH}{=}\underset{3}{CH}-\underset{2}{CH_2}-\underset{1}{C}(=O)-S\text{-}CoA$

② Δ^3, Δ^2-Enoyl-CoA isomerase

(12:2, *trans,cis*-$\Delta^{2,6}$)

$\sim\sim\sim CH{=}CH-CH_2-CH_2-CH{=}CH-C(=O)-S\text{-}CoA$

③ One round of β-oxidation

(10:1, *cis*-Δ^4)

$\sim\sim\sim CH{=}CH-CH_2-CH_2-C(=O)-S\text{-}CoA$

④ Acyl-CoA dehydrogenase (first reaction of β-oxidation)

(10:2, *trans,cis*-$\Delta^{2,4}$)

$\sim\sim\sim CH{=}CH-CH{=}CH-C(=O)-S\text{-}CoA$

⑤ NADPH, $H^{\oplus}$ → 2,4-Dienoyl-CoA reductase → $NADP^{\oplus}$

(10:1, *trans*-Δ^3)

$\sim\sim\sim CH_2-CH{=}CH-CH_2-C(=O)-S\text{-}CoA$

⑥ Δ^3, Δ^2-Enoyl-CoA isomerase (same enzyme as Step 2)

(10:1, *trans*-Δ^2)

$\sim\sim\sim CH_2-CH_2-CH{=}CH-C(=O)-S\text{-}CoA$

One round of β-oxidation

$\sim\sim\sim CH_2-CH_2-C(=O)-S\text{-}CoA$

المقارنة بين الطاقة الناتجة من الجلوكوز والأحماض الدهنية:
فعلى سبيل المثال المقارنة بين الطاقة الناتجة من الجلوكوز وحامض الاستيارك C18:0. عند المقارنة بين كمية الطاقة الناتجة من هدم جزئ من حامض دهنى مثل الاستياريك C18:0 وجزئ من الجلوكوز C6 نجاد ان كمية الطاقة الناتجة من هدم مول واحد من الجلوكوز تساوى ٣٨ جزئ ATP بينما الاستياريك ينتج ١٤٦ اى يكافئ ٣ جزيئات من الجلوكوز . كمية الطاقة الناتجة من هدم ثلاث جزيئات من الجلوكوز 18 C تساوى (٣ × ٣٨) اى ١١٤ مول ATP ونفس عدد ذرات الكربون للحمض الدهنى (C18:0) ينتج ١٤٦ جزئ وعلى هذا تكون كمية الطاقة الناتجة بواسطة الليبيدات اعلى من الكربوهيدات حتى عند تساوى نفس ذرات الكربون ، مع الاخذ فى الاعتبار جزيئات الماء المنتجة من هدم المواد الدهنية Metabolic water والتى قد تعتبر مصدر من مصادر المياه لبعض الحيوانات فى البيئة الصحراوية ، فمثلاً تقوم الجمال بتخزين الدهون فى اماكن معينة اعلى الظهر (السنام Humps) لتكون مصدر للطاقة والماء فى نفس الوقت خلال الرحلات الصحراوية. وكذلك حيوان Kangaroo rat يعيش فى المناطق الجافة قليلة الماء وجد انه يتغذى على بذور غنية من المصدر الدهنى وتحتوى على نسبة قليلة من الماء لذلك تعتمد على Metabolic water الناتج من هدم المواد الدهنية كمصدر للماء.

التمثيل الغذائى : Metabolism

نسبة Omega-6 الى Omega-3 فى الزيوت مهمة جداً فى تمثيل Prostaglandin وحمض اللينوليك حمض دهنى اوميجا-٦ ويتحول الى جاما- لينولينك اسيد ثم الى دى هومو جاما لينوليك اسيد dihomo-gamma-linolenic acid (DHGLA) ويتحول DHGLA الى حمض ارشيدونك بواسطة انزيم delta-5-desaturase وحمض الارشيدونك يتحول الى مركبات الالتهاب(inflammatory compounds (2 series prostaglandins and inflammatory leuko trienes والنواتج النهائية لتمثيل حمض اللينولينك تكون نواتج(Less inflammatory products (3-series prostaglandins لهذا امداد حمض اللينولينك فى الغذاء يمكن من زيادة EPA فى الجسم ويقلل الالتهاب inflammation .

التأثير : Actions

احماض اوميجا-٣ مثل EPA (eicosapentanenoic acid) and DHA (docosahexaenoic acid) وهى مكونات زيت السمك والتى تعمل anti-inflammatory agents وهذه تكون مفيدة فى حالاتan autoimmune disorders or arthritis
واحماض اوميجا-٣ يحل محل 2-series fatty acids طول الوقت ولهذا التنبيه الخلوى ellular stimulation ينتج 3-series prostaglandins and thromboxanes اكثر من انتاج 2-series thromboxanes التى تسبب التهاب inflammation وتقلل تدفق الدم .

الاحماض الدهنية اوميجا-٣ ، اوميجا-٦ :

الزيوت غير المشبعة لها فوائد صحيه للجسم فهناك مجموعة من الدهون يطلق عليها دهون "اوميجا" وترتبط بنوعية الزيوت غير المشبعة لوجود الروابط غير المشبعة فى تركيبها.

وتوجد زيوت اوميجا-٣ فى زيت بذور الكتان (الزيت الحار) وفى الاسماك الدهنية مثل الماكاريل والسلمون والتونة والسردين ، وايضاً فى بعض المكسرات مثل عين الجمل وفى بعض الخضروات مثل الرجلة .

وتوجد زيوت اوميجا-٦ فى زيت عباد الشمس ، السمسم ، الذرة ويعتبر زيت الزيتون والسمن النباتى او المسلى من ضمن اوميجا-٦ وهى زيوت سائلة .

بطبيعتها ثم تتعرض بعدها لعملية تصنيعية فتتحول الى صورة نصف صلبة وتعرف بالسمن او الزيت المهدرج وبهذه الطريقة يتحول جزء من تركيبها الى التركيب المشبع دهوناً مشبعة لها تأثير ضار على الصحة ويزيد من نسبة الكوليسترول فى الدم ولذلك ينصح دائماً بالاقلال من تناولها ، مع ملاحظة ان المسلى والسمن النباتى تحتويان على دهون مخالفة صحياً بسبب عملية الهدرجة الصناعية التى تمت بها بعكس الزبد الذى لا يتعرض لهذه الدهون المخالفة مما يجعلها اقل ضرراً منها .

ويتميز زيت الزيتون بتأثيره المخفض على النوعية الضارة من الكوليسترول دون ان يقلل من الكوليسترول المفيد للجسم وهى صفة يتميز بها عن جميع الزيوت الاخرى التى تقلل من الكوليسترول الضار والمفيد أيضاً ومن المعروف ان الفائدة الصحية للزيت تتوقف على تأثيره على كلا النوعين من الكوليسترول بحيث يقلل من الكوليسترول الضار ويرفع المفيد منه.

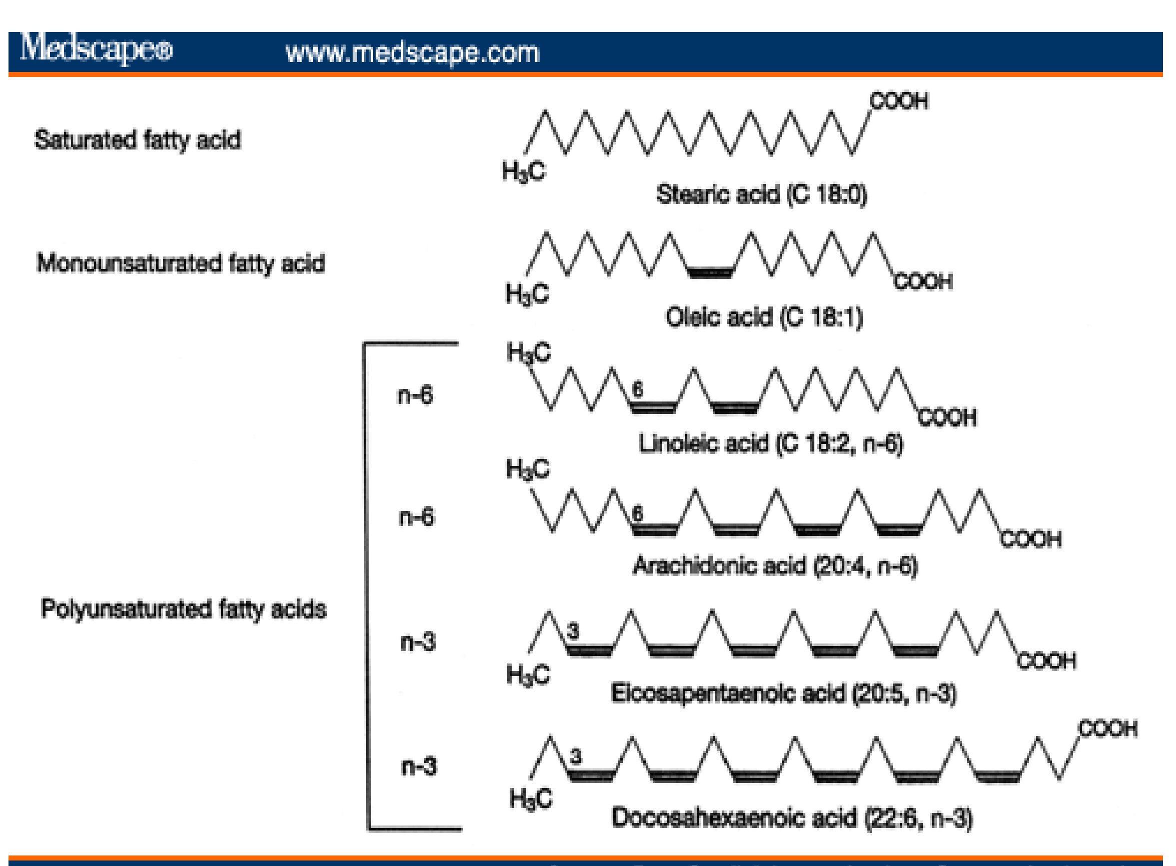
عند التغذية على دهون اوميجا-٣ تتحول الى مركب يعرف بـ Docosahexaenoic acid (DHA) ، وترجع اهمية هذا المكون للجسم فى جميع مراحل دورة الحياة انه المكون الرئيسى لنسيج المخ وضرورى فى جميع مراحل نمو وتطور المخ بطريقة سليمة ، كما تزداد اهميته للجسم فى امكانية مساعدته لتفادى بعض المشاكل الصحية مثل ضعف الذاكرة والاكتئاب وغيرها ، كما ان حامض (Arachidonic acid (AA, C20:4, Omega-6 يلعب دوراً هاماً فى مركبات المخ والجهاز العصبى والعين خاصة الشبكية ، ويمكن تقسيم الاحماض الدهنية غير المشبعة العديد الى مجموعتين : اوميجا-٣ ، اوميجا-٦ ويشير الرقم ٣ ، ٦ الى موضع اول رابطة زوجية فى سلسلة الكربون من مجموعة المثيل .

وتحدث العمليات الحيوية التى تعمل على تحويل الاحماض الدهنية من صورة الى صورة اخرى ، ولكن لا يتم تحويل اوميجا-٣ الى اوميجا-٦ او العكس ، وتوجد اوميجا-٦ فى الغذاء فى حمض اللينولينك وجسم الانسان غير قادر على تكوين حمض اللينولينك او حمض الالفا لينولينك داخل الجسم لذا يجب الحصول عليها من الغذاء وتسمى الاحماض الدهنية الضرورية Essential Fatty Acids .

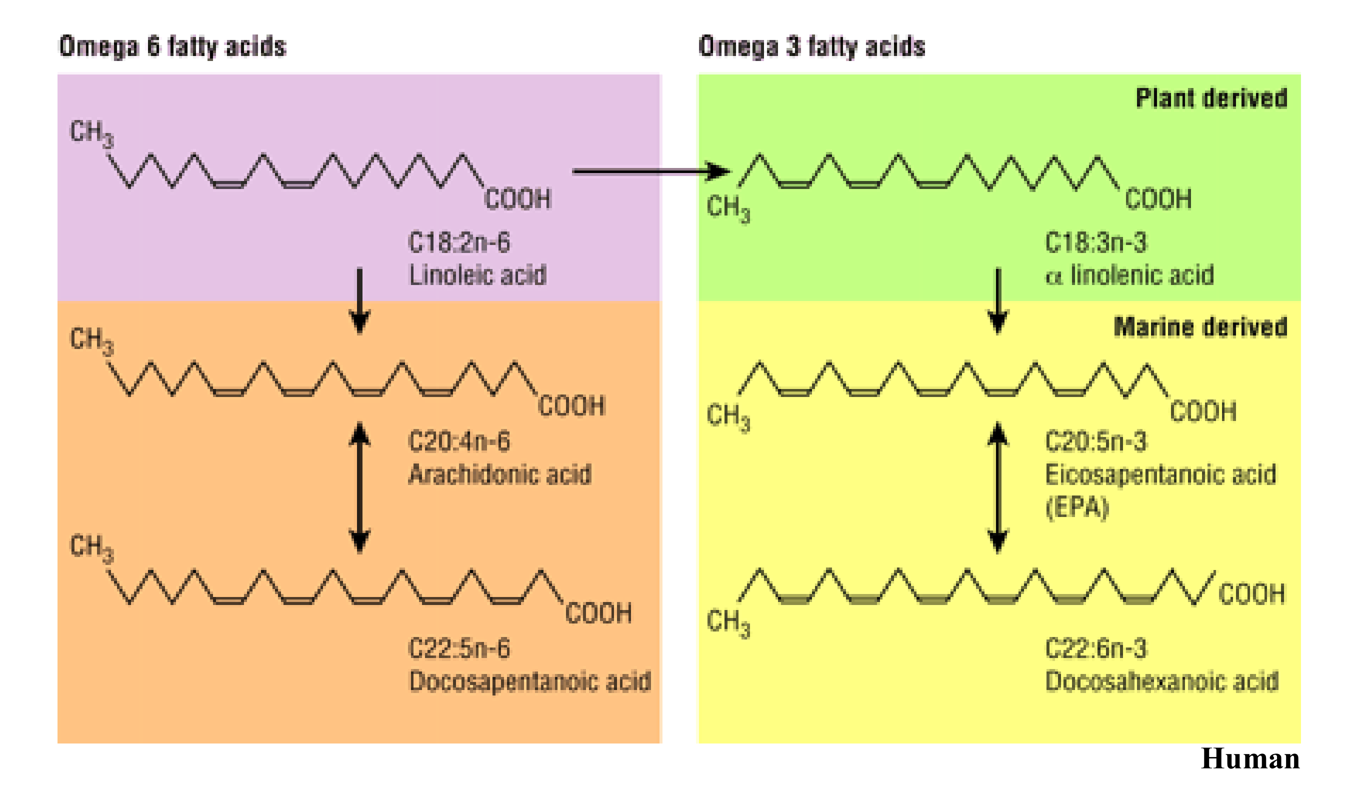
يتم تخليق الارشيدونك من اللينولينك والدوكوساهكسانويك من حمض الفا لينوليك فى جسم الانسان بمساعدة انزيمات Desaturase & Elongase Enzymes •

جدول رقم (٣١) :Type of unsaturated fatty acids

Family name	Common name	Sources
Omega 9	Oleic acid	Canola oil, Peanut oil, avocado, animal products
Omega 6	Linoleic acid	Corn oil, Sunflower oil, Safflower oil, Soybean oil, animal products
Omega 3	Alpha-linolenic acid Eiosapentaenoic acid Docosahexainoic acid	Canola oil, soybean oil, some nuts oil, flax seed oil Fish oil Fish oil

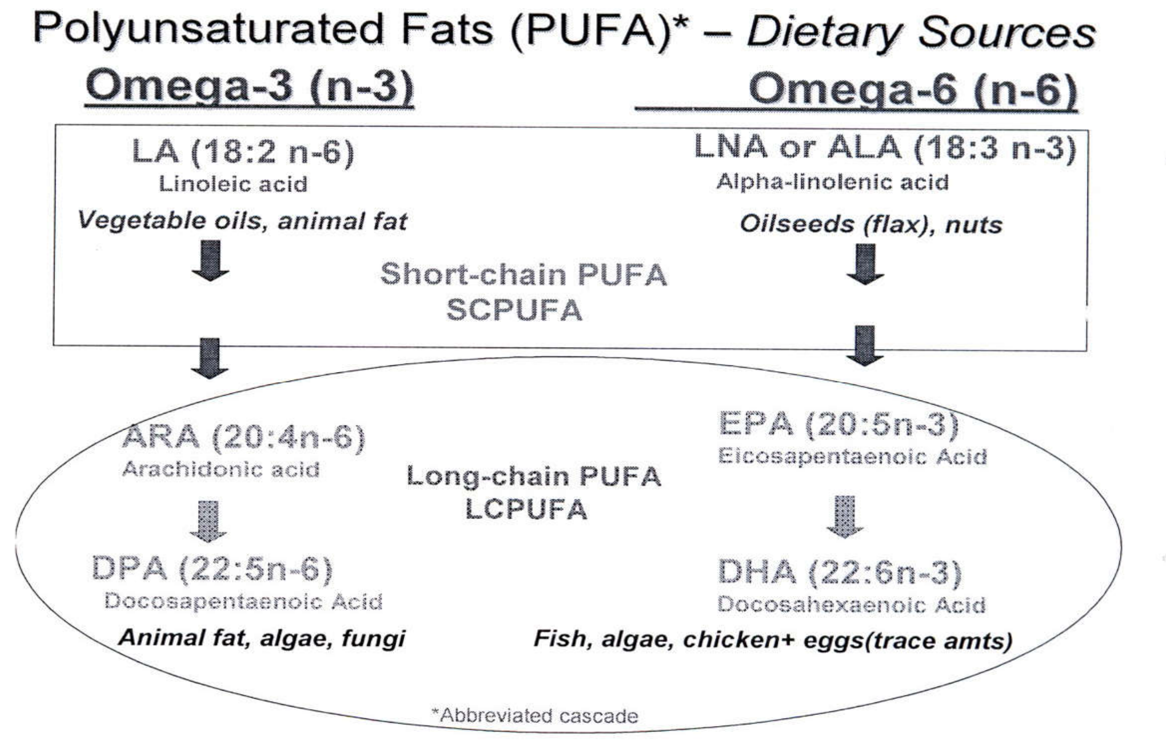


Conversion of Unsaturated Fatty Acids…

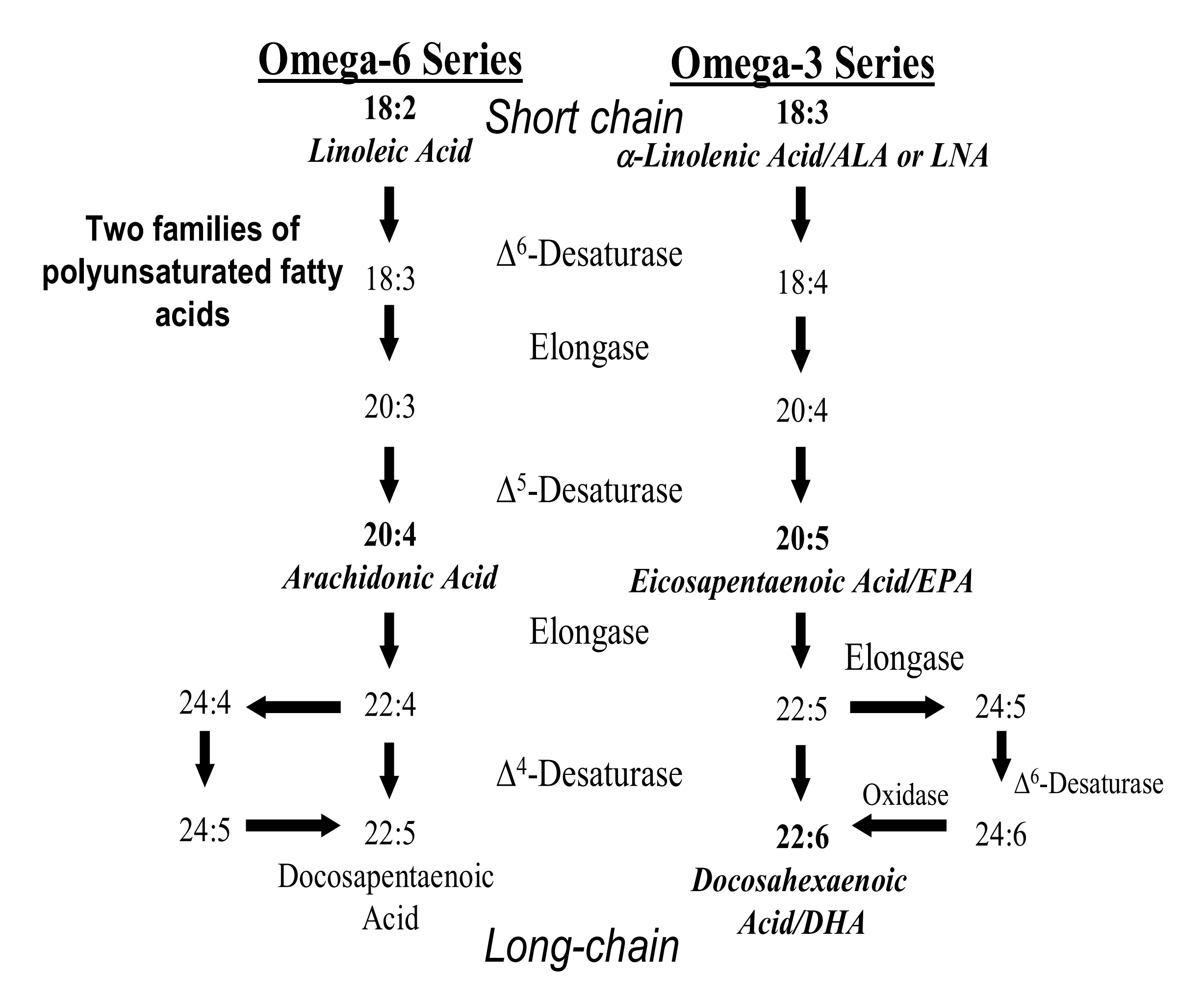


Omega 6 fatty acids
Omega 3 fatty acids
Plant derived
CH3
COOH
C18:2n-6
Linoleic acid
C18:3n-3
α linolenic acid
Marine derived
C20:4n-6
Arachidonic acid
C20:5n-3
Eicosapentanoic acid
(EPA)
C22:5n-6
Docosapentanoic acid
C22:6n-3
Docosahexanoic acid

Human



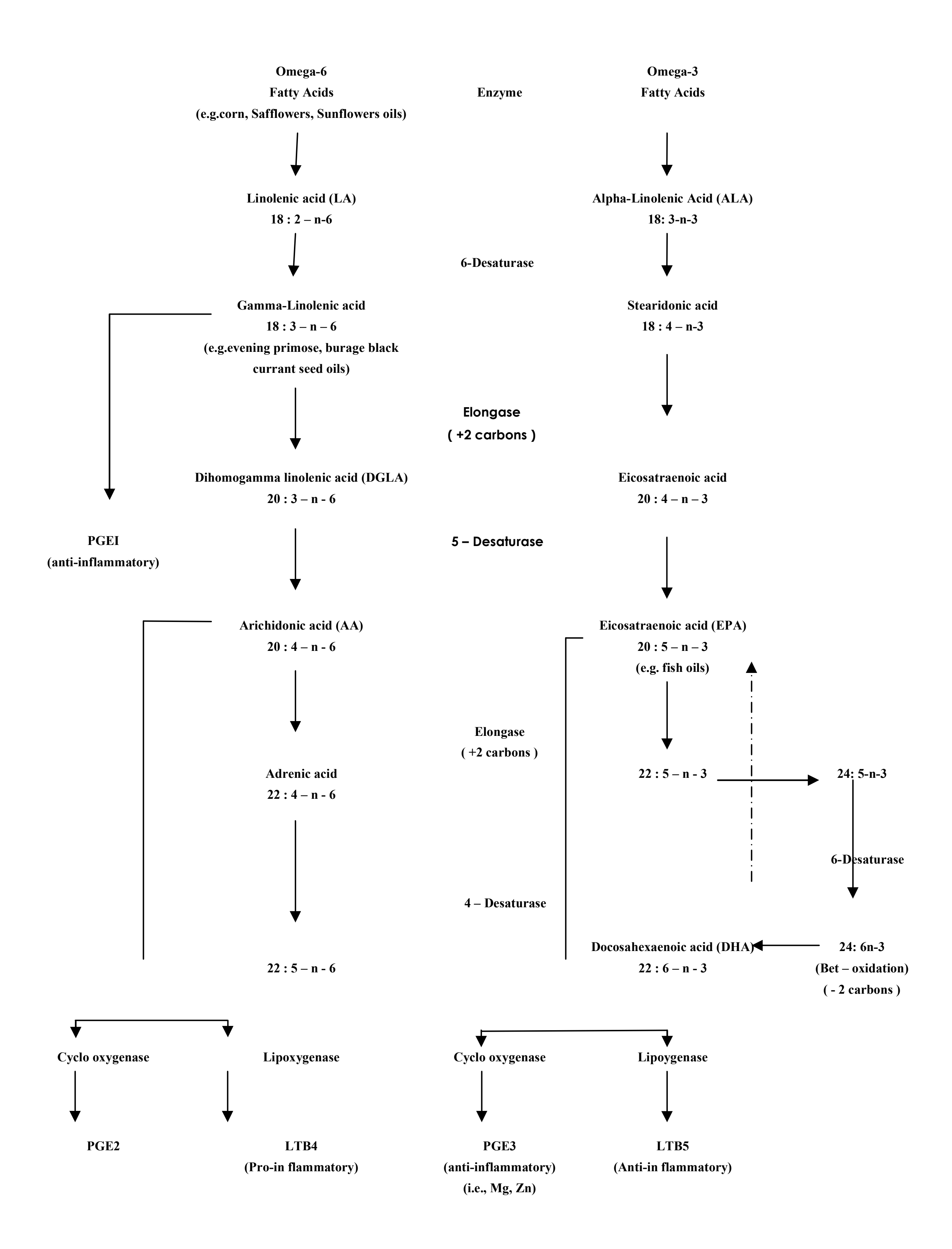
Polyunsaturated Fats (PUFA)* – Dietary Sources
Omega-3 (n-3)
Omega-6 (n-6)
LA (18:2 n-6)
Linoleic acid
Vegetable oils, animal fat
LNA or ALA (18:3 n-3)
Alpha-linolenic acid
Oilseeds (flax), nuts
Short-chain PUFA
SCPUFA
ARA (20:4n-6)
Arachidonic acid
Long-chain PUFA
LCPUFA
EPA (20:5n-3)
Eicosapentaenoic Acid
DPA (22:5n-6)
Docosapentaenoic Acid
Animal fat, algae, fungi
DHA (22:6n-3)
Docosahexaenoic Acid
Fish, algae, chicken+ eggs(trace amts)
*Abbreviated cascade



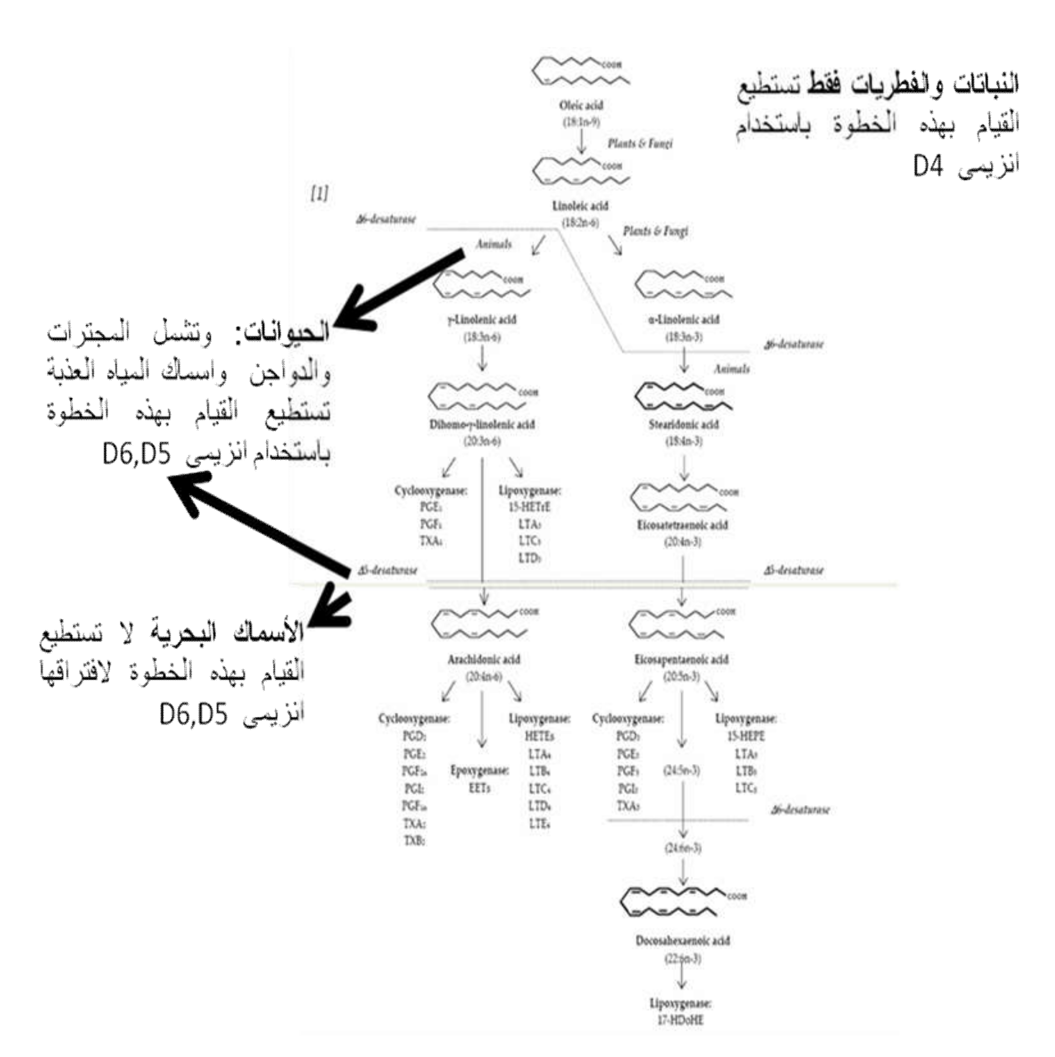
Lauritzen et al., Prog Lipid Res 40:1-94, 2001

Essential fatty acids:
omega-3
The parent fatty acid of the omega-3 series is alpha-linolenic acid (ALA)
ALA- humans can synthesize eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) from ALA
Sources: flaxseed oil, soybean oil and canola oil, nuts, seafish – salmon, herring, sardine, tuna
omega-6
The parent fatty acid of the omega-6 series is linoleic acid (LA).
LA - humans can synthesize dihomo-gamma-linolenic acid (DGLA) and arachidonic acid (AA) from LA
Sources: olive and sunflower oils, sesame, pecans, pine nuts, freshwater fish – carp, trout, catfish.

التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية اوميجا ٣ ، ٦ :
Metabolic pathways of the Omega-3 and Omega-6 fatty acids:



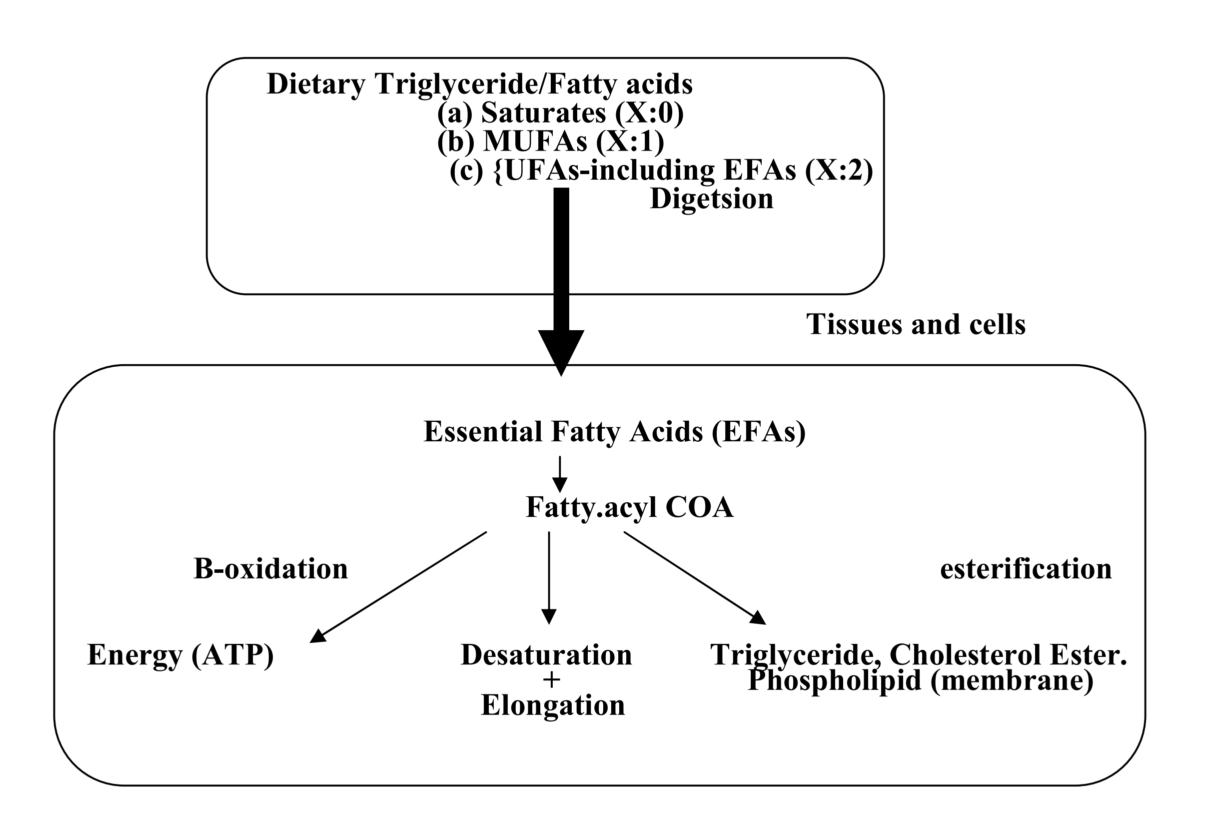
Omega-6
Fatty Acids
(e.g.corn, Safflowers, Sunflowers oils)
Enzyme
Omega-3
Fatty Acids
Linolenic acid (LA)
18 : 2 – n-6
Alpha-Linolenic Acid (ALA)
18: 3-n-3
6-Desaturase
Gamma-Linolenic acid
18 : 3 – n – 6
(e.g.evening primose, burage black
currant seed oils)
Stearidonic acid
18 : 4 – n-3
Elongase
(+2 carbons)
Dihomogamma linolenic acid (DGLA)
20 : 3 – n – 6
Eicosatraenoic acid
20 : 4 – n – 3
PGEI
(anti-inflammatory)
5 – Desaturase
Arichidonic acid (AA)
20 : 4 – n - 6
Eicosatraenoic acid (EPA)
20 : 5 – n – 3
(e.g. fish oils)
Elongase
(+2 carbons)
Adrenic acid
22 : 4 – n - 6
22 : 5 – n - 3
24: 5-n-3
6-Desaturase
4 – Desaturase
22 : 5 – n - 6
Docosahexaenoic acid (DHA)
22 : 6 – n - 3
24: 6n-3
(Bet – oxidation)
(- 2 carbons)
Cyclo oxygenase
Lipoxygenase
Cyclo oxygenase
Lipoygenase
PGE2
LTB4
(Pro-in flammatory)
PGE3
(anti-inflammatory)
(i.e., Mg, Zn)
LTB5
(Anti-in flammatory)



تمثيل الاحماض الدهنية ، Omega-3 and Omega-6 ونسبة Omega-6 : Omega-3
Metabolism of Omega-6 and Omega-3 fatty acids and the omega-6 : Omega-3 ratio

توضح التفاعلات التالية رؤية لمعدل التمثيل الغذائى للأحماض الدهنية الاساسية EFAs عند استهلاكها فى العليقة ، عندما تستهلك الاحماض الدهنية غير المشبعة n-3 , n-6 PUFAs فى صورة جلسريدات ثلاثية فى العليقة من مصادر مختلفة للغذاء وتهضم فى الامعاء الدقيقة التى تسمح بامتصاصها ونقلها فى الدم ثم تتوالى عمليات التمثيل والامتصاص خلال الانسجة فى الجسم (تشمل المخ – الرتينا (الشبكية)– القلب وانسجة اخرى) ، وقد يحدث عملية اكسدة فى الوضع بيتا للاحماض الدهنية الاساسية فى الخلايا لمد الخلايا بالطاقة فى صورة ATP للأحماض الدهنية الاكثر شيوعاً واحادية التكافؤ والاحماض الدهنية المشبعة الاحادية Monounsaturated fatty acids MUFAs والاحماض الدهنية من نوعية trans التى قد توجد فى العليقة ، وقد تحدث عملية استرة للأحماض الدهنية الاساسية فى ليبيدات الخلايا المحتوية جلسريدات ثلاثية واستر الكوليسترول والفوسفوليبيدات ، والاحماض الدهنية الاساسية التى تمثل الى صور جليسريدات ثلاثية تخزن غالباً حتى يتم الاحتياج لها للتمثيل والاداء التالى ، وكذلك تنطلق الاحماض الدهنية الاساسية من صور الجلسريدات الثلاثية المخزنة خلال عمليات التحلل المائى والانزيمى ، وايضاً يتم التخزين للأحماض الدهنية الأساسية اضطرارياً على صورة استرات الاحماض الدهنية فى الكوليسترول (استر الكوليسترول) وقد تنطلق EFAs من استر الكوليسترول وتستخدم للتمثيل التالى كما هى .

EFAs التى تمثل الى الفوسفوليبيدات هامة جداً فى الاداء البنائى لكل من الاحماض الدهنية من نوعية Omega-6 and Omega-3 حيث انها صور الغشاء الخلوى (كفوسفوليبيدات) لحفظ التركيب العام والاداء الحساس الحرج للأغشية الخلوية خلال الجسم .



وأخيراً توجد EFAs فى الغذاء كحامض لينوليك (LA) وايضاً الفا – لينوليك (ALA) وتنشط الى صور عالية الطاقة تعرف Fatty-acyl COA التى تعمل على تحويل هذه PUEAs الغذاء الى نواتج غير مشبعة عديدة وذات سلسلة طويلة وذلك بسلسلة من عمليات عدم التشبع وتفاعلات طويلة نشطة خاصة فى الكبد ولمدى قليل فى الانسجة الاخرى .

ويتضح مما سبق ان بعض الأحماض الدهنية التى تظهر فى الخلايا والانسجة خلال جسم الانسان تأتى مباشرة من مصادر غذائية او من خلال التكوين الداخلى فى الجسم Endogenous synthesis والجدول التالى يبين مصادر اهم الاحماض الدهنية الموجودة فسيولوجياً فى جسم الانسان ٠

Sources of major physiologically-occurring fatty acids (in human body) : جدول رقم (٣٢)

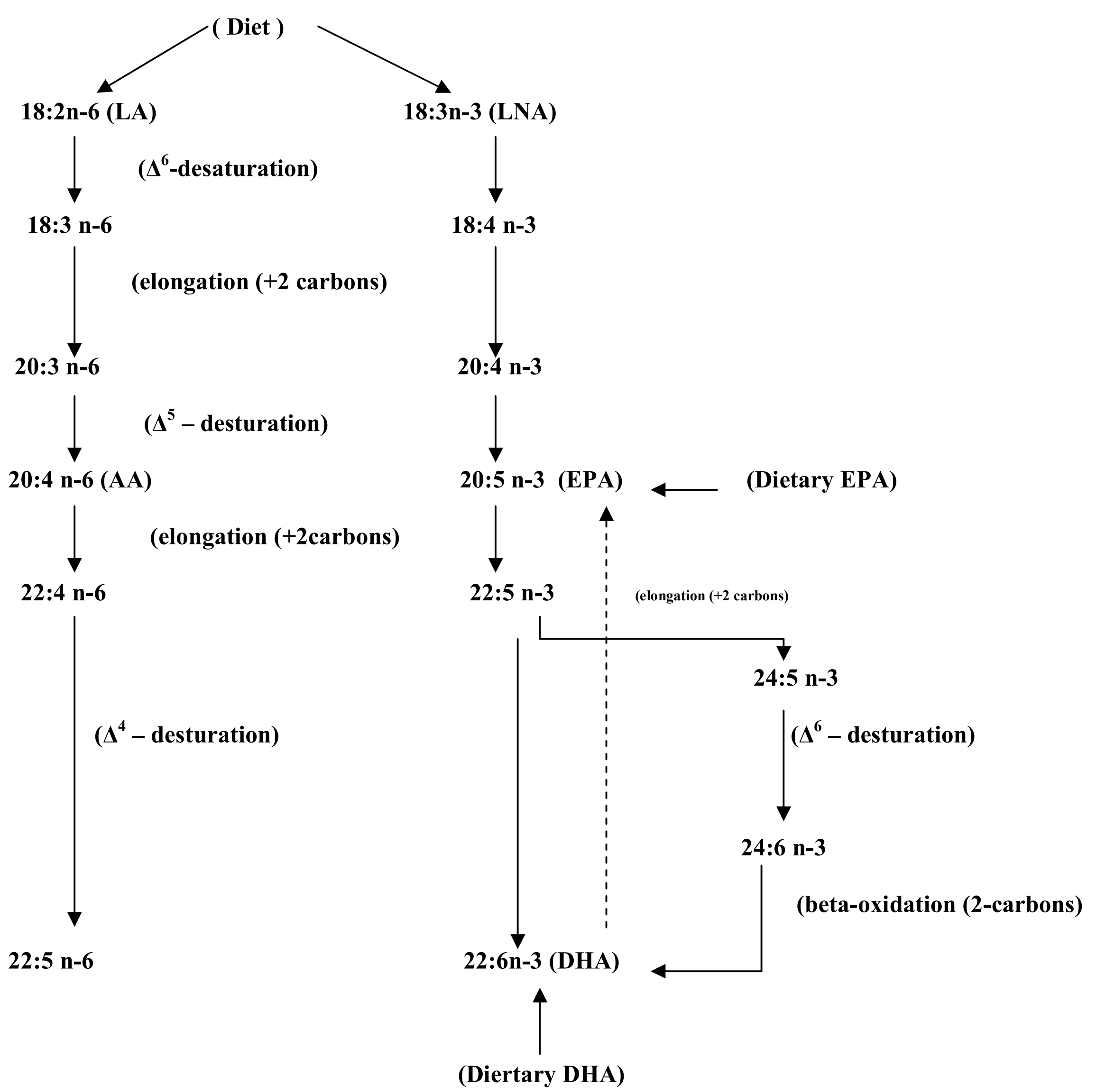
Physiological Fatty Acids(s)	Dietary Source	Endogenous (in-body) synthesis
A) Saturates		
16:0	Yes	Yes (de-novo)
18:0	Yes	Yes (elongation from 16:0)
B) Monounsaturates (MUFAs)		
cis-18:1 n-9	Yes	Yes (desaturation of 18:0)
Trans – 18:1	Yes	No
C) Polyunsaturates (PUFAs)		
18:2n-6, LA	Yes	No
18:3n-3, ALA	Yes	No
20:4n-6, AA	Yes	Yes*
20:5n-3, EPA	Yes	Yes**
22:6n-3, DHA	Yes	Yes**

*** Requires metabolic precursor (LA) to be present**
**** Requires metabolic precursor (ALA) to be present (Limiated conversion from ALA to EPA+DHA)**

يتضح من الجدول ان الاحماض الدهنية المشبعة (مثال 0 : 18 حامض دهنى مشبع ذات ١٨ كربون فى سلسلة طويلة دون وجود رابطة زوجية) ممكن ان تتكون فى الجسم من وحدتين كربون تعرف بالاستات (acetyl-COA in its active cellular form) ، بالاضافة الى الاحماض الدهنية المشبعة تأتى من مصادر غذائية وممكن ان تمثل بتفاعلات عدم التشبع (ادخال رابطة زوجية انزيمياً) لتحويلها الى احماض دهنية احادية عدم التشبع (18.1 مع رابطة زوجية واحدة فى الجزئى والتى تحدد في موقع 9-2 المجاور لذرة الكربون التاسع من مجموعة المثيل النهائية) . ومن الجدول ايضاً ALA , LA فى الجسم ممكن تأتى فقط من مصادر غذائية حيث يخلو جسم الانسان من القدرة الانزيمية لتكوين هاذين الحامضين .

وعلى النقيض فأن الخلايا النباتية لها الميكانيكية الانزيمية لتكوين LA , ALA مثل كثير من النباتات تأتى الزيوت النباتية كمصادر متوفرة غنية لكلا LA , ALA (20:4 n-6) وتوجد بكميات صغيرة فى المصادر الحيوانية (مثال البيض واللحوم) وممكن ان تتكون بتفاعلات عديدة لعدم التشبع من its precursor وهو LA .

والاحماض الدهنية طويلة السلسلة Omega-3 , DHA , EPA ممكن تكوينها لحد ما فى جسم الانسان وممكن استهلاكها فى العلائق من مصادر غنية فى DHA/EPA مثل السمك وزيت السمك او الاغذية المدعمة بالاحماض الدهنية الهامة Omega 3 FA .



Desaturation, elongation, and retroconversion of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids.

ويوضح من التفاعلات خطوات التمثيل (تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة الكربونية) حيث تمثيل ALA(n-3) , AA (20: 4 (n-6) to LA (18:2 n-6) ، يتحول تمثيلياً الى نواتج لها سلسلة طويلة تشمل EPA (20:5 n-3) , DHA (22:6 n-3) وأيضاً الحامض الدهنى Omega-3 الهام فسيولوجياً للمخ والاداء البصرى .

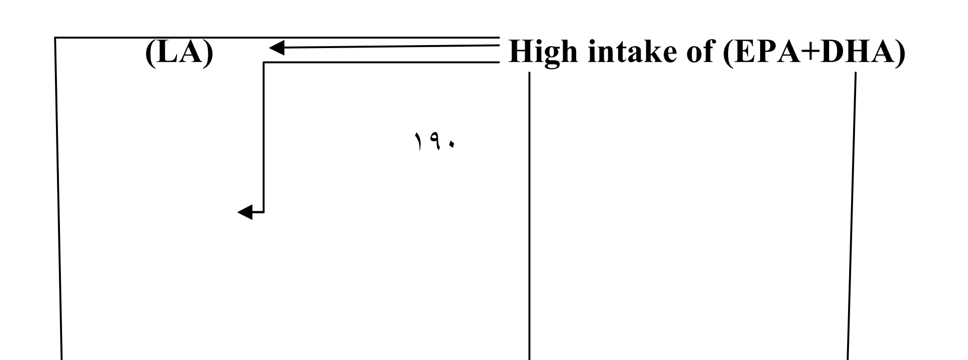
كما ان ارتفاع نسب تركيز EPA , DHA فى جسم الانسان (خلايا وانسجة) والتى يمكن ان تأتى من الاستهلاك المباشر لهما فى الغذاء ، وعلى النقيض يوجد LA بمستويات معقولة فى معظم الليبيدات الخلوية (خاصة فوسفوليبيدات الاغشية) خلال مختلف الانسجة والخلايا ، فان ALA لايتراكم عادة بتركيزات عالية فى الدهون والفوسفوليبيدات الخلوية او فى الانسجة حتى عندما يتناولها الانسان بمستويات عالية نسبياً فى غذائه ، وهذا راجع جزئياً الى حقيقة ان زيادة ALA المستهلكة فى الغذاء يحدث لها Beta oxidation فى الميتوكوندريا وكمية محدودة ALA فقط تتاح لعملية تحويل محدودة جداً الى EPA + DHA ، وايضاً الحامض الدهنى DHA له جهد فعال فى بعض عمليات التمثيل العكسية (اعادة التحويل) الى EPA بعض التعقيب على ما يسمى نسبة Omega 6 : Omega 3 والتى تشير الى عمومية مفهوم تسويق مختلف الاضافات الغذائية التى يحتاج اليها الانسان ، ان مفهوم Omega 6 : Omega 3 concept ينشأ مبدئياً فى تجارب القوارض المبكرة حيث المستويات العالية لحمض دهنى LA (Omega – 6) فى الغذاء تؤدى الى توقف جزئى لكفاءة عملية التحويل لحمض دهنى ALA فى الغذاء الى EPA + DHA فى الجسم ، وكذلك يمثل LA , ALA الى نواتجهم التمثيلية خلال الانظمة الانزيمية العامة تشمل (Initial delta-6 desturation).

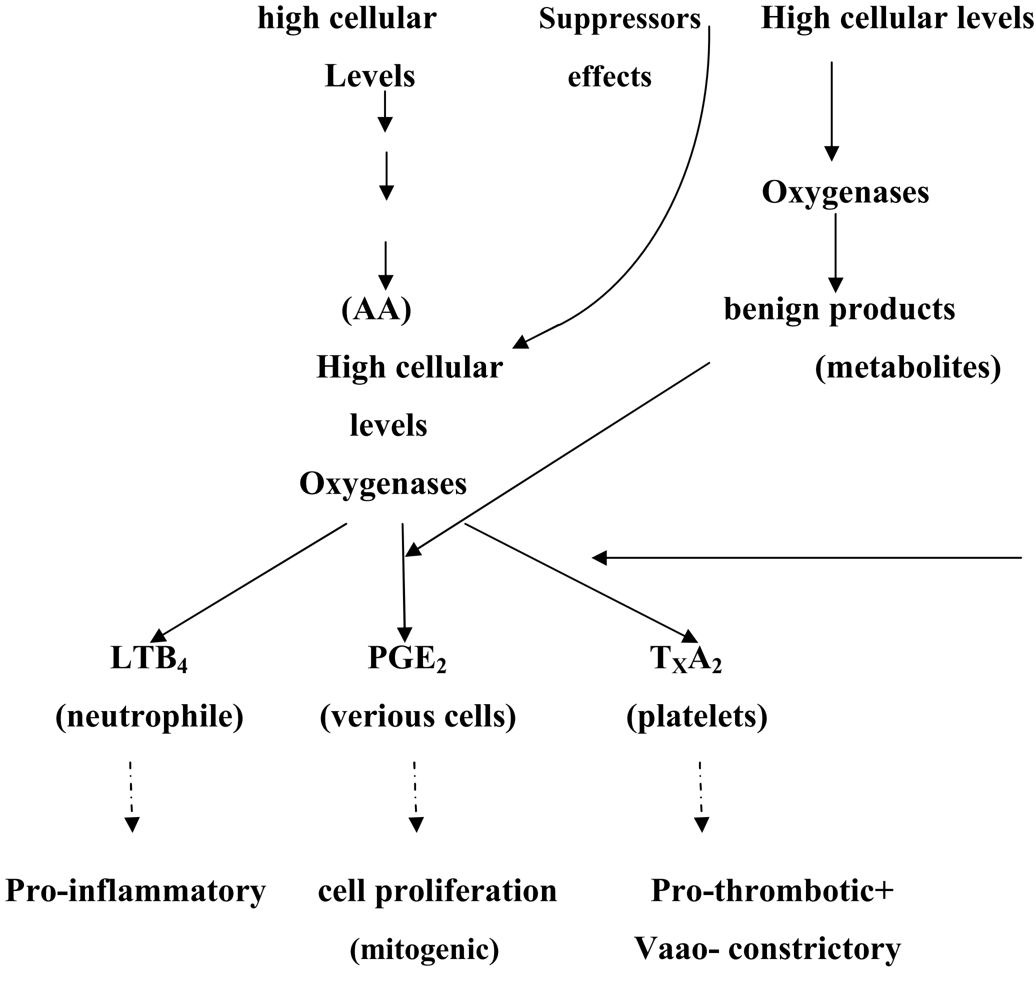
وتوضح الدراسات المبكرة ان استخدام مستويات عالية من Dietary LA (n-6) قياساً الى ALA(n-3) يسبب ارتفاع كبير لنسب Omega -6 : Omega -3 ratio وينتج عن ذلك زيادة بسيطة فى مستويات DHA / EPA فى الانسجة وذلك يرجع الى التأثير المثبط التنافس لحمض LA and ALA عند مستوى تفاعل عدم التشبع الابتدائى ، وبالتالى فان انخفاض نسبOmega-3 : Omega-6 تؤدى الى تحسن كفاءة تحويل ALA الى EPA / DHA لحد ما مقارنة بالنسب العالية Omega-6 : Omega-3 حتى عندما تثبت كميه ALA بنفس الكمية .

وتتأثر هذه التجارب بالتوصيات المتتالية مثال التى تصدر من Healt and Welfare Canada (1990) والتى اوصت بضرورة المحاولة لتقليل نسب Omega-6 : Omega-3 فى غذاء الانسان الكندى حوالى نسبة ١٠ : ١ الى ٤ : ١ .

وقد اظهرت الدراسات المتتالية ان تخفيض LA (n-6) : ALA (n-3) من المسشتويات العالية (مثال ٢٧ : ١ الى ٣ : ١) تسمح بتحسن متوسط لحد ما فى كفاءة عملية تحويل ALA الى EPA تظهر عند متوسط المستويات العالية من EPA فى عينات الدم المأخوذة من اشخاص تعاطوا نسب مختلفة من n-6 : n-3 وكميات مختلفة من ALA ، لهذا فان الاستهلاك العالى من ALA ونسب منخفضة جداً من LA : ALA تعتبر احدى الاستيراتيجيات لتحسن عملية التحويل ALA to EPA خلال تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة ، واظهرت دراسات عديدة والتى خفضت فيها نسب n-6 : n-3 (LA:ALA) لم يرتفع DHA معنوياً مع النسب المنخفضة او حتى مع الاستهلاك العالى من ALA رغماً عن الارتفاع المتوسط فى EPA كما هو مذكور سابقاً ، اكثر من ذلك فان الاستهلاك المباشر من Pre-formed DHA and EPA يعطى كفاءة عالية لارتفاع هذه الاحماض الدهنية Omega-3 طويلة السلسلة الهامة فى الخلايا والانسجة اعتماداً على ان نسب LA:ALA المنخفض اصبحت محل تساؤل حيث تزويد الجسم باحماضDHA plus EPA لا تعتمد على تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة لهذه الزيادة ، عموماً مفهوم The omega-6 : Omega-3 concept على اساس ان الدراسات تركز على نسب LA : ALA بمفردها وهذه تحتاج الى اعتبار ان الوضع الغذائى الصحى The context of dietary / health situations هو الاستهلاك المباشر DHA + EPA فى حالتها السابقة in their preformed state .

منتج The omega-6 product من تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة لحمض LA هو حمض دهنى اراشيدونك Arachidonic acid (AA, 20: 4 n-6) ويتراكم لتركيزات عالية جداً فى متنوع واسع من انسجة وخلايا جسم الانسان ، بينما مستويات قليلة من AA فى الجسم لها دور هام جداً مثل عمليات التناسل واخرى ، وتعتبر زيادة مستويات عالية من AA مشكلة فيها جدال فى تطور بعض حالات الصحة المزمنه Some chronic health aonditions .





Oxygenase-derived metabolites (eicosanoids) from AA (2-6)

يتضح من التفاعلات ان حامض AA ممكن ان تمثل بانزيمات اكسجينيز مختلفة (تتضمن انظمة سيكلو اكسجينيز والليبوكسيجينيز) لتكوين عائلة نواتج مختلفة تعرف Eicosanoids ، Prostaglandins ، Leukotrines ، Thromboxanes .

ممكن تحويل AA الى كرات الدم البيضاء (neutrophils (white blood cells لانتاج (Leukotriene-B (LTB4 والذى يعتبر a pro-inflammatory eicosanoid مصاحباً للحالات المزمنة مثل : rheumatoid arthritis, psoriasis of the skin, and inflammatory gastrointestinal disorders. فى هذه الخلايا والانسجة ، حامض AA يتحول الى صورة The prostaglandin ويعرف (Prostaglandin-E 2 (PGE2 والتى تصاحب تحسين enhanced cell proliferation, mitogenesis , and possibly cancer promotion فى صفائح الدم الدورية ، حمض AA يتحول الى (Thromboxine-A2 (TXA2 والتى تعرف a-pro-thrombotic and vaso-constrictory eicosanoid والتى تلعب دور هام فى thrombus formation والتى تصاحب بالازمة القلبية Fatal or non-fatal myocardial infractions (heart attacks) .

والاستهلاك العالى من EPA + DHA فى الغذاء مثل السمك او زيت السمك يسمح باحلال جزئى (تقليل) AA فى الانظمة الخلوية السابق ذكرها the aforementioned cellular systems وبالتالى تقليل كمية AA المتاحة لانتاج المركبات الوسطية the metabolites التى تصاحب بمختلف الازمات المزمنة السابق ذكرها various chronic disorders ، اكثر

من ذلك عند وجود EPA plus DHA كبديل او احلال PUFAs لحمض AA فى اغشية الخلايا ممكن ان تثبط كفاءة تحويل AA الى TXA2, PEG2, LTB4 على التعاقب .
اخيراً النواتج الانزيمية EPA plus DHA (خلال نشاط الاكسجينيز) لاتظهر تأثيرات ضارة وعلى النقيض لهذه المركبات الناتجة من AA (خلال نفس المسارات الانزيمية) .

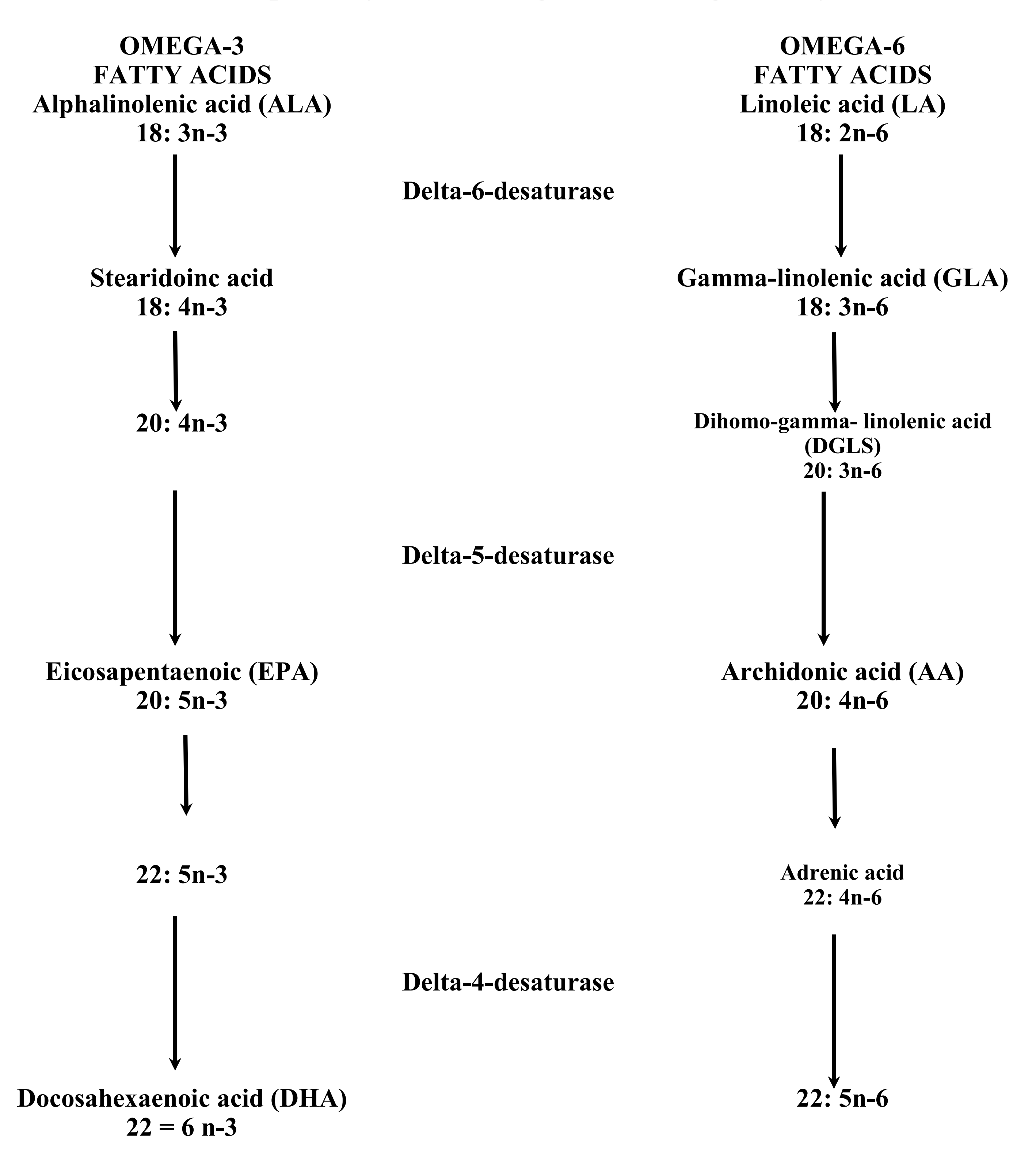
نموذج محتوى الاحماض الدهنية لبذور الكتان : Fatty acid profile of flaxseed

تحتوى بذور الكتان مخلوط من الاحماض الدهنية ، فهى عالية فى الاحماض الدهنية غير المشبعة العديدة (٧٣%) ومحتوى متوسط فى الاحماض الدهنية غير المشبعة احادية (١٨%) ومحتوى قليل من الاحماض الدهنية المشبعة (٩%) ، ومحتوى الدهن المشبع فى بذور الكتان يماثل المحتوى الموجود فى الكانولا .
وتتميز بذور الكتان بأنها مصدر نباتى غنى لحمض الفا – لينوليك (ALA) الحامض الدهنى الضرورى فى غذاء الانسان وهو اصل عائلة الاحماض الدهنية اوميجا –٣ (The parent FA of the omega-3) ، يتحول ALA الى حامضين دهنين اساسيين طويلى السلسلة هما eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) فى سلسلة تفاعلات انزيمية .
حامض ALA ينظم modulate تكوين eicosanoid ، وتركيزه فى لبن الام يزيد عن تركيز DHA وبالتالى يقترح احتياجات خاصة بحامض ALA للأطفال الرضع .

نسبة الاحماض الدهنية اوميجا –٦ / واوميجا ٣ فى بذور الكتان :
Omega-6 / Omega-3 fatty acid ratio of flaxseed

محتوى ALA حوالى ٥٧% من مجموع الاحماض الدهنية فى بذور الكتان ويمثل احماض دهنية اوميجا –٦ حوالى ١٦% مما يجعل النسبة بين اوميجا ٦ / اوميجا ٣ = ٠.٣ : ١ وحيث ان الاغذية الغربية عالية فى محتوى حمض اللينولينك ومنخفض فى الاحماض الدهنية اوميجا–٣ اوصى بعض الخبراء احلال الاحماض اوميجا–٦ بأحماض عائلة اوميجا–٣.
استهلاك بذور الكتان او الاغذية غنية فى ALA مثل البيض المعدم والغنى بأوميجا–٣ من دجاج يتغذى على بذور الكتان يزيد استهلاك احماض دهنية اوميجا–٣ ، وهذا يحسن نسبة اوميجا–٦ : اوميجا–٣ فى الغذاء .

Metabolic pathways of the omega-3 and omega-6 fatty acids



Major families of unsaturated fatty acids : العائلات الكبرى للأحماض الدهنية غير المشبعة

هناك اربعة عائلات رئيسية للأحماض الدهنية غير المشبعة ٠

Namenclature of Major Families of Unsaturated Fatty Acidsa : جدزل رقم (٣٣)

Parent compound	Number of Double Bonds	Family Nameb	Structural Abbreviationsc
Oleic acid	One	Omega-9 (ω-9)	18:1 n-9 or 18: 1 ω-9
Palmitoleic acid	One	Omega-7 (ω-7)	16:1 n-7 or 16: 1 ω-7
Lenoleic acid	Two	Omega-6 (ω-6)	18:2 n-6 or 18: 2 ω-6
Alpha-linolenic acidd	Three	Omega-3 (ω-3)	18:3 n-3 or 18: 3 ω-3

a Adapted from Vaisey-Genser M. In: Flaxseed: Health, Nutrition and Functionality. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada, 1994, P. 11.
b The Family name denotes the positions of the First double bond as the number of carbon atoms from the methyl end of the fatty acid chain.
c Number of carbon atoms: number of double bonds (fatty acid family).
d Also designated α-Linolenic acid, Alpha-Linolenic acid id distinct from gamma linolenic acid [Linolenic acid (18:3n-6)] which is an interned in the omega-6 metabolic pathway and is a major component of evening primrose, borage and black currant oils.

***- حمض أوليك Oleic acid :**

هو اكثر حمض دهنى احادى فى الطبيعة وممكن تكوينه فى الجسم من حمض الاستياريك (18:0) فى الغذاء .

***- حمض بالميتو أوليك Palmitoleic acid :**

ممكن تكوينه من حمض بالمتيك (16:0) فى الغذاء .

احماض الاوليك أو بالميتوليك ليسا احماض اساسية فى تغذية الانسان لان كلاهما يتكون من مركبات غذائية dietary precursors ، بينما الاحماض الدهنية التى يحتاجها الانسان فى غذائه وذلك لأن الجسم لا يستطيع تكوينه من مركبات **غذائية وهما :**

***- الفا لينوليك اسيد : Alpha-linolenic acid**

هو المركب الاصلى لعائلة الاحماض الدهنية اوميجا-٣ ، حمض اللينوليك والذى يعتبر المركب الأصلى لعائلة احماض اوميجا-٦ .

***- حمض ارشيدونك : Archidonic acid**

يعتبر المركب الوسطى لحمض اللينوليك هو الحامض الدهنى الاساسى فقط عند حدوث نقص فى محتوى حمض اللينولينك .

عدم التشبع وطول السلسلة : Desaturation and elongation

يتحول حمض الفا – لينوليك ، وحمض اللينوليك الى مركباتها التمثيلية بالعديد من تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة ، عدم التشبع يضيف رابطة زوجية بازالة الهيدروجين بينما طول السلسلة يضيف ذرتين كربون .

الخطوة الأولى فى تمثيل كلا من عائلتى الاحماض الدهنية الاساسية هى عدم التشبع وينشط بانزيم Delta-6-desaturase ، هذه الخطوة يتبعها طول السلسلة ولهذا عدم التشبع (ينشطه انزيم Delta-5-desaturase) ثم طول السلسلة وفى النهاية عدم التشبع (ينشطه انزيم Delta-4-desaturase). وتميل خطوات عدم التشبع للبطء بينما خطوات طول السلسلة سريعة ، تركيز الانسجة من جاما – لينوليك اسيد (GLA) (18:3n-6) وحمض استياريدونيك (18: 4n-3) Stearidonic acid تميل الى البطء لانها تتكون ببطئ بعدم التشبع ثم بسرعة بتفاعلات طول السلسلة الى مركبات تمثيلية اخرى .

التنافس بين العائلات : Competition between families

لاتستطيع الثدييات التحويلات الداخلية للأحماض الدهنية اوميجا-٣ ، اوميجا-٦ ويحتاج تمثيلها نفس انزيمات عدم التشبع ويؤدى ذلك الى التنافس بين العائلتين فزيادة عائلة واحدة من الاحماض الدهنية ممكن تتداخل مع تمثيل الاخرى ، ويقلل ارتباطها فى ليبيدات الانسجة ويعدل تأثيراتها البيولوجية .

تمثيل حمض الفا – لينولنك : Metabolism of alpha-linolenic acid (ALA)

لحمض ALA فى الغذاء مقدارين تمثيلين فهو ممكن ان يحدث له عدم تشبع ويطيل السلسلة الى مركباته التمثيلية طويلة السلسلة او يحدث β-oxidation ورغم ان هذه الاكسدة لحمض ALA تحدث فى الانسان فان فى الحيوان يقترح انه تمثل ALA او اكسدته β–oxidation قد تساهم معنوياً فى انتاج الطاقة .

تحويل ALA الى Conversion of ALA to EPA and DHA, EPA, DHA :

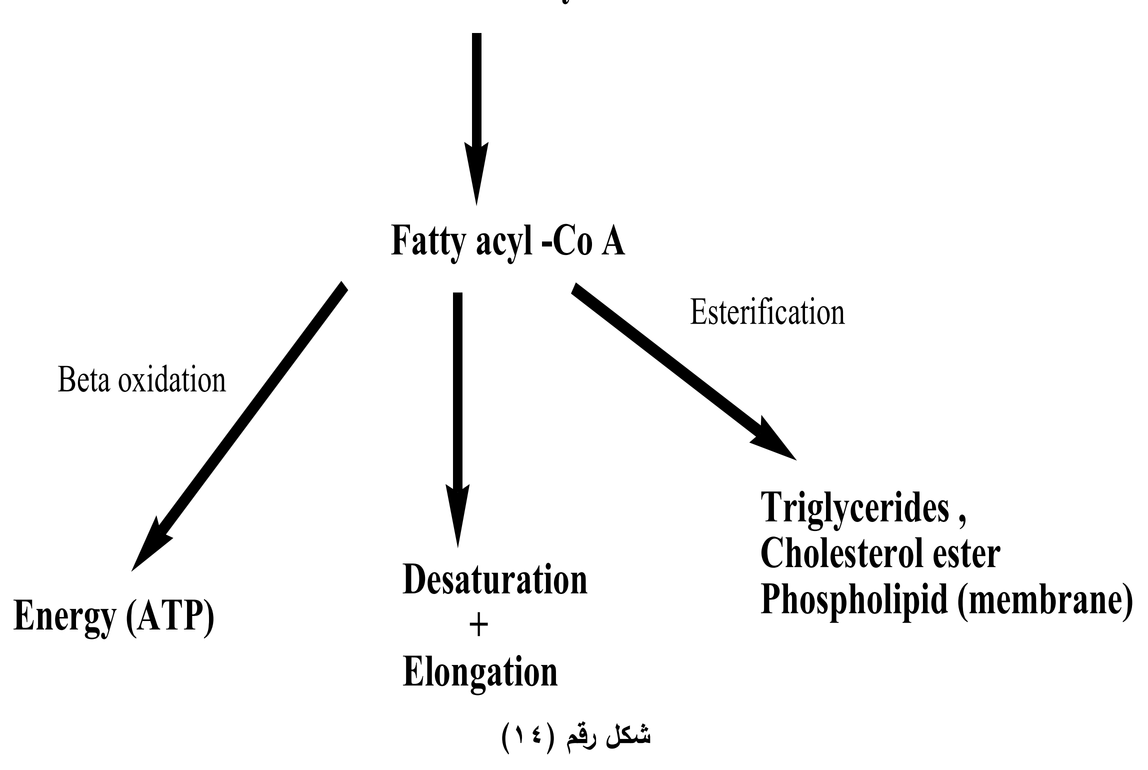
حوالى ١٥% ALA تتحول الى EPA ، حوالى ٥% الى DHA فى عملية بطيئة لحد ما فى الانسان ، تحويل ALA الى مركباته طويلة السلسلة تتأثر بعوامل غذائية متعددة الغذاء الغنى فى حمض اللينوليك مثلاً يقلل تحويل ALA بأكثر من ٤٠% وبالنسبة لاستهلاك الام العالى من حمض اللينوليك يخفض مستويات EPA, DHA فى Umbilical plasma ويقترح تقليل تحويل ALA واتاحته احماض دهنية اوميجا–٣ فى تطور ونمو الجنين.

وتتداخل الاحماض الدهنية المشبعة من نوعية trans مع ALA سواء فى تفاعلات عدم التشبع وطول السلسلة ، وفى الفئران ethanol inhalation ينتج عنها فقد معنوى فى Liver DHA مبنياً تقليل تحويل ALA .

ممكن تحويل DHA بالراجع الى EPA فى تفاعل يسمى retroconversion ويعتقد انها مسار تمثيلى قليل فى الانسان.

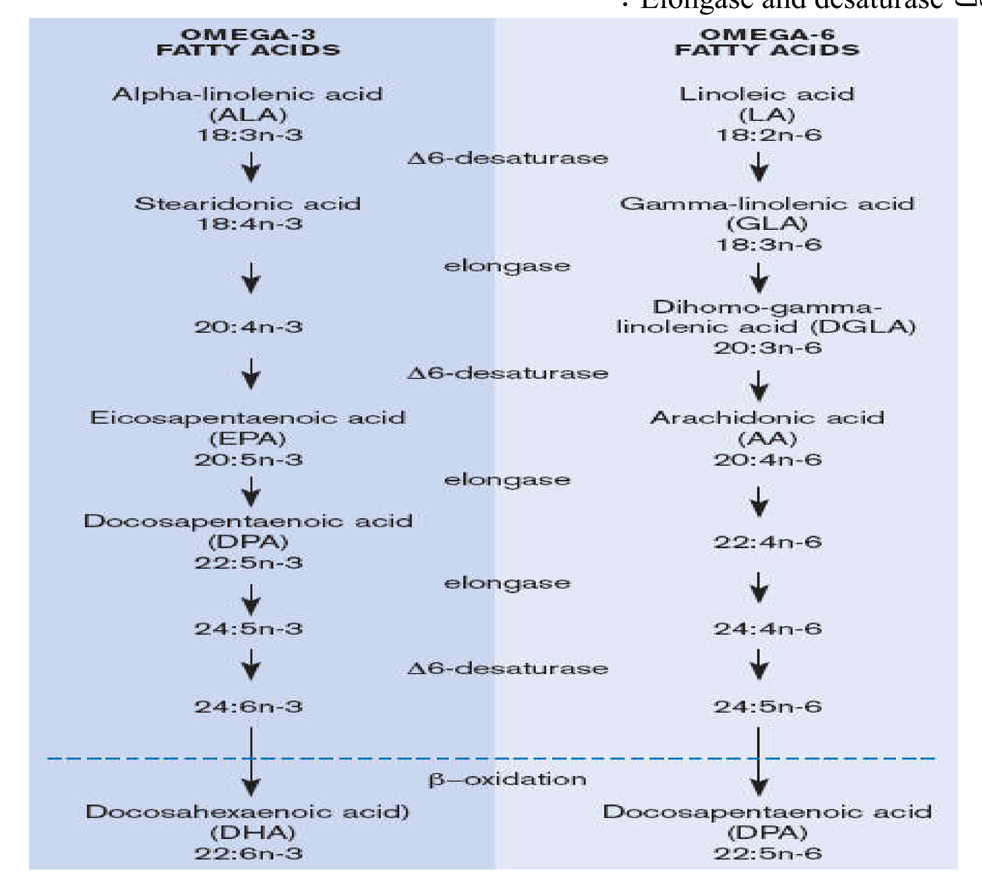
تمثيل الأحماض الدهنية الأساسية Metabolism of essential fatty acids

عند تناول الأحماض الدهنية الأساسية سواء كانت من نوع أوميجا ٣ أو اوميجا ٦ والموجودة في صورة جلسريدات ثلاثية يتم هضمها في الأمعاء الدقيقة ، ثم يتم امتصاصها ونقلها إلي تيار الدم وتتوالي عمليات التمثيل والامتصاص خلال أنسجة الجسم المختلفة (مثل خلايا المخ وشبكية العين والقلب) ، وقد يحدث لهذه الأحماض أكسدة في الوضع بيتا β-Oxidation كباقي الأحماض الدهنية لتمد الخلايا بالطاقة اللازمة للقيام بالوظائف الحيوية ، وقد تحدث لها عملية استرة ثم تخزن في صورة جلسريدات ثلاثية وهذا المسار هو الأكثر حدوثا للأحماض الدهنية الأساسية بشكل عام ، وبعد ذلك تنطلق الأحماض الدهنية الأساسية من الصورة المخزنة عليها خلال عمليات التحلل الإنزيمي ، كما يحدث تخزين للأحماض الدهنية الأساسية في صورة استرات للأحماض الدهنية مع الكولسترول (استرات كولسسترول) والتي قد تنطلق بدورها وتستخدم في التمثيل الغذائي .



شكل رقم (١٤)

وبصفة عامة تمثل الأحماض الدهنية الأساسية الموجودة في الفوسفوليبيدت الصورة الأهم للأحماض الدهنية من نوعي أميجا ٣ وأوميجا ٦ حيث تدخل في تركيب الأغشية الخلوية والتي تحفظ التركيب العام وأداء خلايا الجسم المختلفة.
ويستطيع جسم الإٌنسان تخليق الأحماض الدهنية المشبعة مثل حمض الأستياريك وكذلك يمكن لجسم الإنسان تخليق الأحماض الدهنية غير المشبعة مثل حمض الأوليك الذي يحتوي علي رابطة زوجية واحدة علي ذرة الكربون رقم ٩ من الطرف الميثيلي.
ولكن لا يوجد داخل جسم الإنسان النظام الإنزيمي القادر علي تكوين رابطة زوجية علي ذرة الكربون رقم ٣ أو رقم ٦ من الطرف الميثيلي وبالتالي تعتبر الأحماض الدهنية من نوع الأوميجا ٣ والأوميجا ٦ أحماض دهنية أساسية (لايستطيع الجسم تخليقها ولا بد من تناولها في الغذاء) حيث تدخل هذه الأحماض الدهنية في بناء مركبات حيوية هامة مثل البروستاجلاندينات.
ولكن يوجد داخل جسم الإنسان النظم الإنزيمية القادرة علي تخليق باقي أفراد عائلة الأوميجا ٣ (مثل حمضي الإيكوزابنتانويك (EPA) والدوهكسكسانويك (DHA)) والأوميجا ٦ (مثل الأراشيدونك (AA)) بشرط توافر الفرد الأول في كل عائلة (اللينوليك بالنسبة للأوميجا ٦ والألفالينولينك بالنسبة للأوميجا ٣) ولذلك فيعتبر حمضي اللينوليك والألفالينولينك هما الحمضان الدهنيان الأساسيان بالنسبة للإنسان.
وعلي النقيض من ذلك فإن الخلايا النباتية تحتوي النظم الإنزيمية القادرة علي التخليق الحيوي لحمضي اللينوليك والألفالينولينك ، لذا فالزيوت النباتية غنية بهذين النوعين من الأحماض الدهنية الأساسية.
والشكل التالي يوضح عمليات التمثيل الغذائي المختلفة للجامضين الدهنيين الأساسين داخل جسم الانسان من خلال عمليات إطالة السلسلة الكربونية (Elongation) وعمليات تكوين روابط زوجية (Desaturation)
وبمساعدة انزيمات Elongase and desaturase .



وتدخل الأحماض الدهنية الأساسية في تخليق مركبات حيوية هامة تعرف بالبروستجلاندينات Prostaglandin والتي يرمز لها بالرمز (PG) كما يلي:

8*c*,11*c*,14*c*-eicosatrienoic acid
(dihomo-γ-linolenic acid)

PGE_1

$PGF_{1\alpha}$

5*c*,8*c*,11*c*,14*c*-eicosatetraenoic acid
(arachidonic acid)

PGE_2

$PGF_{2\alpha}$

5*c*,8*c*,11*c*,14*c*,17*c*-eicosapentaenoic acid

PGE_3

$PGF_{3\alpha}$

وتلعب انزيمات السيكلوأوكسجينيز Cyclooxygenase والبيرأوكسيديز Peroxidase دورا هاما في تخليق البروستاجلاندين من حمض الأراشيدونك كما توضح ذلك المعادلة التالية:

5c,8c,11c,14c-eicosatetraenoic acid
(arachidonic acid)
cyclooxygenase
COOH
OOH
PGG_2
peroxidase
OH
PGH_2

وتتواجد الأحماض الدهنية الأعلي من عائلة الأوميجا ٣ مثل جمضي EPA , DHA بتركيزات عالية في فوسفوليبدات الأغشية الخلوية في خلايا وأنسجة الجسم المختلفة ويكون مصدرها إما التخليق الحيوي من حمض الألفالينولينك أو من الاستهلاك المباشر من الأغذية الغنية بهذين الحمضين (EPA, DHA) مثل أسماك المناطق الباردة خاصة التونة والماكريل والرنجة.
أما حمض اللينوليك فيوجد بمستويات معقولة في معظم الليبيدات الخلوية (خاصة فوسفوليبيدات الأغشية) في أنسجة الجسم المختلفة.
وبالنسبة لحمض الألفالينولينك فهو لايتراكم عادة بتركيزات عالية في الدهون والفوسفوليبيدات الخلوية حتي عندما يتناوله الانسان بنسب عالية من خلال غذاؤه ويرجع ذلك إلي حدوث الأكسدة بيتا في الميتوكندريا لمعظم كمية الحمض ، وتظل كمية محدودة جدا يحدث لها تحويل إلي حمضي EPA , DHA .
وبالنسبة لحمض الأراشيدونك (AA) فهو منتج من عمليات التمثيل الغذائي لحمض اللينوليك ويحدث تراكم لهذا الحمض بتركيزات عالية في أنسجة وخلايا الجسم المختلفة ، بينما يحتاج الجسم مستويات منخفضة من حمض اللينوليك حيث تلعب دورا هاما في عمليات التناسل وبعض العمليات الحيوية الأخري.

نسبة الأوميجا ٦ : الأوميجا ٣ Omega 6 : Omega 3 ratio

بدأت الإشارة إلي هذه النسبة بداية من خلال التجارب التي أجريت علي القوارض التي عوملت بعلائق غذائية تحتوي علي مستويات عالية من حمض اللينوليك (أوميجا ٦) والتي لوحظ فيها انخفاض كفأة تحويل الحمض الدهني الألفالينولينك إلي الأحماض الأعلي EPA , DHA .
وقد أشارت الأبحاث إلي ارتفاع نسبة الأوميجا ٦ : الأوميجا ٣ والتي صاحبها انخفاض ملحوظ في مستويات حمضي EPA , DHA ، ويرجع ذلك إلي ان وجود حمض اللينوليك يعمل كمثبط منافس لحمض الألفالينولينك بالنسبة لإنزيمات delta 6-desaturase ، واثبتت الأبحاث أن خفض نسبة الأوميجا ٦ : الأوميجا ٣ حسن مستويات DHA , EPA حتي مع تثبيت كمية حمض الألفالينولينك.
ونتيجة لهذه التجارب خرجت توصيات دولية من بعض المنظمات مثل Health and Welfare Canada في عام ١٩٩٠ والتي أوصت بضرورة التقليل من نسبة الأوميجا ٦ : الأوميجا ٣ في ذغاء الإنسان الكندي من ١٠ : ١ إلي ٤ : ١ .
وقد أظهرت الدراسات المتتالية ان خفض هذه النسبة من ٢٧ : ١ إلي ٣ : ١ أدت إلي تحسن ملحوظ في كفاءة تحويل حمض الألفالينولينك إلي حمضي EPA , DHA .
وبصفة عامة بقصد بالنسبة بين الأوميجا ٦ : الأوميجا ٣ النسبة بين حمضي اللينوليك : الألفالينولينك ، حيث يمكن ان يتناول الإنسان احماض أخري من الأوميجا ٣ بشكل مباشر مثل حمضي EPA , DHA من مصادر غذائية.

أهمية التغذية علي البيض المدعم بالأوميجا ٣

١- وجد ان كل بيضة من هذا النوع تمد الجسم بحوالي ٤٠% من احتياجات الإنسان من الأوميجا ٣ .
٢- وجد ان تناول هذا البيض يزيد من نسبة الأوميجا ٣ في لبن الأم حيث ان له دورا هاما في نمو خلايا المخ للأجنة خاصة في الستة شهور الأولي.
٣- تعمل التغذية عليه علي تقليل فرصة التعرض لسرطان الجلد كما انه مفيد جدا لمرض القلب وتصلب الشرايين وضغط الدم والنقرس.
٤- يعمل هذا البيض علي رفع نسبة الكولسترول الحميد HDL-cholesterol ويوصي بتناول بيضتين يوميا من هذا النوع من البيض الغني بالأوميجا ٣ بعكس البيض العادي الذي ينصح بعدم تناول أكثر من ٤ بيضات أسبوعيا.

رؤية – النظام المناعى
The immune system : and over view

تمثل الكائنات الدقيقة والطفيليات والانسان واجسام الحيوانات بيئة مثيرة جداً ومصدر العناصر الغذائية ، وبالتالى نحن نعيش تحت تهديد ثابت من مهاجمة الفيروسات والبكتريا والطفيليات .

ولمحاربة هذا التهديد الخطير فلابد من ثورة فى غاية من التعقيد والمرونة وجهاز مناعة قوى.

هذا النظام المناعى عبارة عنه سلاح ذو عاملين سام بيولوجياً فعال جداً على ميكانيكية النظام المناعى ممكن ان يدمر ليس فقط الكائنات المدمرة والتى تهدد البيئة ولكن ايضاً انسجة الجسم ، وعادة هدم الانسجة والالتهابات تصاحبها ازالة وتدمير التهديد البيولوجى وهذا مقبول ولكنه اداء غير معنوى . والاستجابة المناعية للكائنات الدقيقة تنقسم الى نظامين :

(١) مناعة فطرية طبيعية : Innate (natural immunity

وتشمل الحواجز الطبيعية والعوامل الذائبة والخلايا الملتهمة.

Physical barriers, soluble factors and phagocytic cells.

والتى تعتبر الخط الدفاعى الأول الفورى ضد الميكروبات الغازية ، والمناعة الفطرية لها شفرة فى encoded in germline وهى متشابهه جداً ضمن الافراد العادية ، ولا يوجد لها ذاكرة ، وتتجه المناعة الفطرية ضد تركيبات الميكروبات الجزئية الضرورية للحياه الميكروبية والموجودة فى انواع عديدة من الميكروبات ، والخلايا الرئيبسية للمناعة الفطريةphagocytic macrophages and neutrophils والتى لها مستقبلات الاسطح الخاصة بأسطح جزئيات البكتريا الشائعة ، وارتباط هذه المستقبلات تحرر triggers phagocytosis وتهدم الكائنات الدقيقة .

(٢) المناعة المكتسبة : Adaptive immunity

هى أداء B-lymphocytes (B-cells) and T-lymphocytes (T-cells) التى لها القدرة على الاستجابة المناعية المكتسبة القوية جداً وفى نفس الوقت منظمة ومرنة .

وتنشأ الخلايا الليمفاوية lymphates فى الـ Bone marrow من خلايا الساق الليمفاوية common lymphoid stem cell ، وتتطور وتنضج خلايا B- and T-cells فى Bone marrow (bursa) and thymus على الترتيب.

وتدخل الخلايا الناضجة T , B فى تيار الدم وتلتصق بمستقبلات متخصصة للخلايا capillary endothelial cells وتهاجر الى اعضاء peripheral lymphoid organs وتشمل النقط الليمفاوية والطحال والانسجة الليمفاوية The lymph nodes, spleen and lymphoid tissue .ورغم ان المناعة الفطرية غير مرنة ولكنها تمد الجسم بخط الدفاع الأول بسرعة جداً حتى يبدأ تأثير الاستجابة المناعية المكتسبة . والأنظمة المناعية الفطرية والمكتسبة غير مستقلة والاستجابة المناعية الفطرية من المحتمل ان تؤثر على خصائص الاستجابة المكتسبة والمؤثر على تلك الاستجابة المكتسبة يرتبط مع ميكانيكية المؤثر الفطرى مثل phagocytes.

الاحماض الدهنية والالتهابات والمناعة : Fatty acids, inflammation and immunity

مقدمة :

*– متوسط استهلاك الفرد البالغ فى البلاد الغربية فى حدود ٧٥–١٥٠ جرام فى اليوم وتمثل هذه النسبة من الدهن حوالى ٣٠–٤٠% من طاقة الغذاء ، وترجع اهمية الدهون الى مكوناتها من الجلسريدات العديدة التى فى معظم الاغذية وتشكل اكثر من ٩٥% من دهن الغذاء .

وتلعب الاحماض الدهنية دوراً هاماً فى اتزان العديد من الوظائف الحيوية مثل وظائف الخلايا خاصة التى لها علاقة بالمناعة والالتهاب . ويعتبر لنوع الدهن ونظام التغذية دوراً هاماً فى تشكيل الاضطرابات ووظائف المناعة . وتميل معدلات الاستهلاك للاحماض الدهنية المشبعة الى التناقص بينما معدلات استهلاك الاحماض الدهنية غير المشبعة العديدة (PUAFs) ، وعند فحص الاشخاص البالغين فى المملكة المتحدة عام ١٩٨٦ كان متوسط الاحماض الدهنية المشبعة فى الغذاء حوالى ٤٢ جرام والاحماض الدهنية غير المشبعة الاحادية فى حدود ٣١ جرام والاحماض الدهنية غير المشبعة العديدة كان المتوسط ١٥.٨ جرام .

ومعدل استهلاك حمض الاراشيدونك يتراوح بين ٥٠–٣٠٠ جرام يومياً ، والاحماض الدهنية DHA , EPA تمثل ٢٠٠–٣٠٠ جرام من كمية الاحماض الدهنية الموجودة فى زيت الاسماك وفى حالة غياب زيت السمك يمكن تناول كبسولة تحتوى على ١ جرام زيت سمك وتعطى ٢٠٠–٣٠٠ مللجم من حمض DHA , EPA .

*– كل جزئ ثلاثى اكيل جليسرول يتكون من استرات ثلاثة احماض دهنية مع الجليسرول ولهذا فان الاحماض الدهنية هى المكونات الاساسية لدهن الغذاء . حديثاً اصبح واضحاً ان الاحماض الدهنية خاصة الاحماض الدهنية عديدة عدم التشبع طويلة السلسلة (PUFAs) هى منظمات هامة للعديد من الوظائف الخلوية متضمنة تلك لتى لها علامة بالالتهابات والمناعة.

خلال تأثير العديد من الاحماض الدهنية المختلفة على الاستجابة للاداء الخلوى تم فحص النظام المناعى فى العديد من دراسات in-vitro وفى انظمة تغذية الحيوان تأثيرات حمض اللينوليك واحماض n-3 PUFAs الموجودة فى زيت السمك تم بحثها واصبح واضحاً ان نوعية الدهن فى الغذاء هو المؤثر الرئيسى للالتهاب والفعل المناعى ٠

الاحماض الدهنية والنظام المناعى المكتسب :

Fatty acids and the acquired immune system

كمية الدهن فى الغذاء وتأثير المناعة المكتسبة :

A mount of fat in the diet and acquired immune function

اوضحت دراسات مقارنة تأثيرات تغذية الحيوانات المعملية على غذاء محتوى مستويات منخفضة وعالية (عادة عالية فى الدهن المشبع) على الخلايا الليمفاوية Lymphocytes ، والغذاء ذات محتوى الدهن العالى يصاحب ايقاف نمو suppressed T-cell proliferation .

وان المستوى المرتفع من الدهن فى الغذاء يقلل الاستجابة المناعية الفطرية والتأثير الدقيق يعتمد على المستويات المحددة للدهن فى الغذاء العالى الدهن ومصدره ٠

أحماض اللينوليك واللينولنك وتأثير المناعة المكتسبة :

Linoleic and Linolenic acids and acquired immune function

نقص الاحماض الدهنية الاساسية يقلل وزن الغدة التيموثية Thymus والطحال ويوقف الاستجابة المناعية الخلوية Suppress cell-mediated immune responces وانتاج الاجسام المضادة antibody production ٠

وقد وجد ان خفض نمو الخلايا الليمفاوية وانتاج الاجسام المضادة بعد التغذية على غذاء غنى فى محتوى حمض اللينوليك (زيوت الذرة وعباد الشمس والقرطم) ، بالمقارنة مع التغذية على غذاء محتواه عالى من الدهن غنى فى الاحماض الدهنية المشبعة ، ومن نتيجة ذلك اتضح ان حمض اللينوليك لها فعالية فى ايقاف التأثيرات المناعية المكتسبة ، اكثر من ذلك زيادة استهلاك حمض اللينوليك ٦ جرام / اليوم لا يؤثر فى نمو الخلايا الليمفاوية فى الدم او انتاج مدى من سيتوكينز بواسطة الليمفوسيت The production of a range of cytokinase by lymphocyte ٠

وبالمثل لحمض اللينوليك فتغذية القوارض على غذاء يحتوى على مستوى عالى من حمض اللينولنك (زيت كتان) يقلل معنوياً من نمو الخلايا الليمفاوية الوليدة بالدم والتأثير الدقيق لحمض اللينولنك على فعل الليمفوسيت يعتمد على كلاً من مستوى الحامض الدهنى ومحتوى PUFAs الكلى فى الغذاء ، وتؤكد الدراسات ان حمض اللينوليك له القدرة على التحكم فى الاستجابة لاكتساب المناعة ٠

تغذية الفئران على علائق ناقصة فى الاحماض الدهنية اوميجا ٣ ، ٦ يقلل macrophage and neutrophil مقارنة مع حيوانات تتغذة على علائق تحتوى كميات مناسبة وكافية من هذه الاحماض الدهنية ، وقد اوضحت الدراسات انخفاض نشاط موت الخلايا طبيعياًNatural killer cell activity بعد التغذية على غذاء عالى محتوى الدهن ويحتوى زيوت غنية فى حمض اللينوليك (زيت الذرة ، زيت عباد الشمس وزيت القرطم) او حمض اللينولنك (زيت الكتان) عند المقارنة مع التغذية على غذاء عالى محتوى الدهن المشبع ، حيث الاستهلاك العالى من أحماض اللينوليك واللينولنك له فعالية فى انهاء نشاط موت الخلايا طبيعياً Has the potential to suppress natural killer cell activity وأيضاً التغذية على مستويات عالية من زيت السمك تقلل نشاط موت الخلايا طبيعياً بينما المستويات المنخفضة تزيد من هذا النشاط ٠

وفى الانسان وجد ان ارتفاع مستوى اللينوليك المأكول فى الغذاء ٦٠ جرام يومياً ليس له تأثير على نشاط موت الخلايا طبيعياً وانتاج الخلايا النشطة (الفا TNF) Interleakin (IL-1B) and Tumor necrosis وعند انخفاض مستوى الاحماض الدهنية الضرورية فى الغذاء تأثرت سلبياً الاستجابة الفطرية نتيجة انفجار كرات الدم البيضاء وخلايا التنفس٠

حمض DHA , EPA وعمل المناعة الفطرية : EPA and DHA innate immune function

التغذية على كميات كبيرة من زيت السمك تؤدى الى خفض الارستجابة الفطرية للمناعة ومع ذلك ليست كل الدراسات تؤيد ذلك ، وقد وجد ان التغذية على زيت السمك تخفض وظائف خلايا كرات الدم البيضاء نتيجة انخفاض فاعليتها للأكسجين وتركيز IL – 6B, TNF وعند مقارنة زيت السمك ومصادر دهون اخرى نجد ان زيت السمك منخفض فى تركيزات IT-1B, TNF فى سيرم الدم ولذا فان زيت السمك يحتوى على مضادات تؤثر على الجهاز المناعى ٠

وقد وجد ان انخفاض مستوى حمض DHA,EPA فى الغذاء الى اقل من ٥% يؤدى الى تحسن النشاط الخلوى وقد يكون نتيجة نوعية الاحماض الدهنية ، وعند زيادة مستوى هذه الاحماض الى ١٤.٥ يومياً ينخفض النشاط الخلوى وانتاج خلايا كرات الدم البيضاء وخلايا monocytes وينخفض انتاج IL-4B, TNF ٠

أوضحت الدراسات على الارانب والدواجن ان الاحماض الدهنية غير المشبعة طويلة السلسلة PUAFs تثبط تكوين الخلايا الليمفاوية والانترلوكين IL-1B وانتاج الانتى فيرون enterfron (IFN) واخماد كل انواع الحساسية والاجسام المضادة مقارنة بالغذاء الغنى بالدهن او زيت جوز الهند المهدرج او زيت الذره اما اضافة حمض الـ EPA و الـ DHA فى الغذاء اظهر خمول لخلايا T الوليدة وغالباً تستخدم كميات كبيرة من هذه الاحماض وكمية قليلة جداً من حمض اللينوليك فى التغذية ٠

ويستهلك الانسان كمية قليلة من زيت السمك فى الغذاء وقد وجد تأثير زيت السمك على الخلايا الليمفاوية بالانسان وكذلك اضافة زيت السمك مع ٢,٤ جم من حمض الـ EPA والـ DHA فى اليوم نتج عنه انخفاض الخلايا الليمفاوية المتولدة فى النساء (٥١-٦٨ سنة) ولم تتأثر النساء (٢١-٣٣ سنة) وانخفاض انتاج IL-2 ٠ وفى الذكور انخفض انتاج الخلايا الليمفاوية الوليدة والـ IL-2 و الـ TFN بعد امدادهم بغذاء يحتوى على ٥,٢ جم من حمض الـ EPA والـ DHA وفى النهاية يحدث خمول فى الاستجابة للحساسية ٠

حمض الاراشيدونيك والتأثير المناعى : Arachidonic acid and immune function

*- استهلاك الاحماض الدهنية عديدة عدم التشبع اوميجا-٦ اكثر من اوميجا-٣ ، حمض الاراشيدونيك (اوميجا ٦) . Arachidonic gives rise to the eicosanoid family of in flammatory mediators (prostaglandins, Leukotrienes and related metabolites).

*- Eicosanoids هى المادة التى يعمل عليها مركبات تمثيلية مؤكسدة عديدة لانتاج LT , PG the substrates of several oxidative metabolic pathways for the production of prostglandins (PG) and Leukotrienes (LT). PG and LT are involved in various immune responses ٠

*- مركبات LT , PG متضمنة فى العديد من الاستجابات المناعية ٠

*- Prostaglandin E2 ينظم انتاج interleukin – 1 (IL – 1) and tumor necrosis factor TNF ٠

*- Leukotrienes B4 تزيد نمو خلايا T,B ونشاط موت الخلايا طبيعياً وينطلق السيتوكين من المونوسيت ، خلايا T ٠

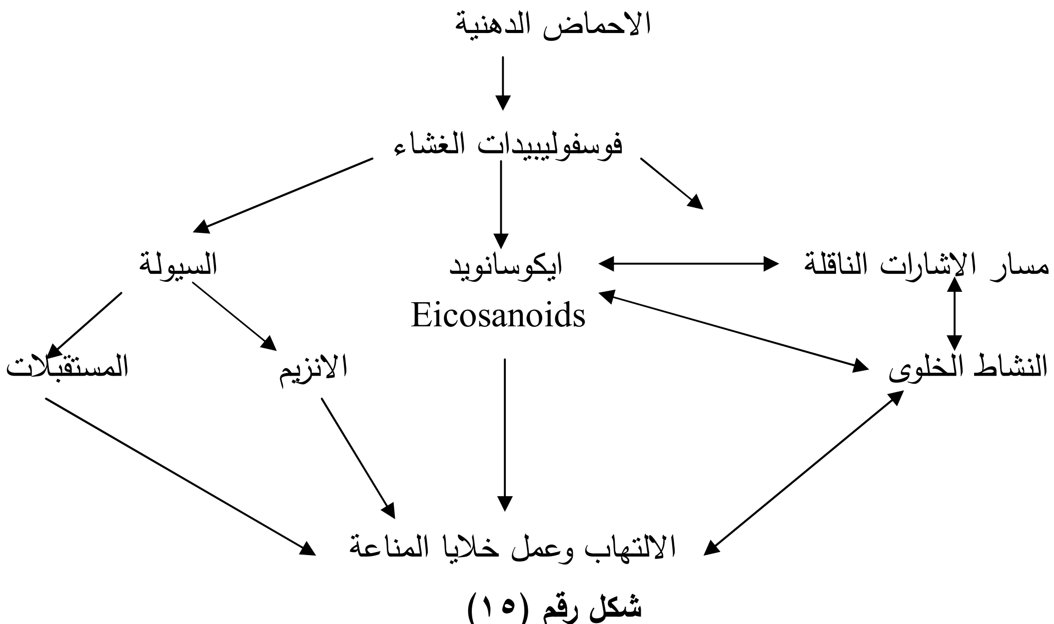
*-Leukotrienes B4 augments T ans B cell proliferation, natural killer cells activity and cytokine relase from monocytes and T cells ٠

*- يعتبر زيت السمك مصدر جيد للاحماض الدهنية عديدة عدم التشبع اوميجا-٣ ، واستهلاك هذه الاحماض الدهنية يقلل كمية حمض الاراشيدونيك فى اغشية الخلايا والمتاح لانتاج eicosanoid وتعمل الاحماض الدهنية عديدة عدم التشبع اوميجا-٣ كمضاد لحمض الاراشيدونيك as arachidonic acid antagonists ٠

ميكانيكية تأثير الاحماض الدهنية فى الغذاء على التأثير المناعى :
Mechanism of the effect of dietary fatty acids on immune function

من المعروف ان الاحماض الدهنية فى الغذاء لها فاعلية فى تغير الاستجابات المناعية ولم يتم معرفة كيفية هذا التأثير بالضبط ، اكدت بعض الدراسات ان التأثير يشمل تغيرات فى تركيب الغشاء الخلوى وتركيبه ، وتغيرات فى التأثيرات العلاجية للأغشية والاشارات وتغيرات فى تعبيرات الجينات وتأثيرات فى تطورات النظام المناعى ٠

هناك توصيات عديدة اوضحت ان الاحماض الدهنية الغذائية لها القدرة فى تغيير الاستجابة للمناعة والالتهاب ، فقد حدثت تغيرات فى تركيب وتكوين الغشاء النسيجى هذه التغيرات تكوين البروتين و Eicosanoids وهذه ناتجة عن تغيرات فى تعبيرات الجين الذى يؤثر على تطور الجهاز المناعى كما يلى :



شكل رقم (١٥)

التغيرات التى تحدث فى بناء وتركيب الأغشية : Alteration in membrane structure and composition

ان نشاط خلايا المناعة ينتج عن التركيب الداخلى لاغشية النسيج وزيادة تحويل الفوسفوليبيدات به ولذلك يتم الاحتياج للأحماض الدهنية الضرورية لتركيب غشاء نسيجى جديد خلال استجابة المناعة وخاصة فى حالة زيادة تكون الأغشية وتحويلة لكرات دم بيضاء او خلايا التهاب ، وتلعب سيولة بلازما الاغشية وقطرها دوراً هاماً فى نشاط الخلايا وقيامها بوظائفها وتعتمد سيولة الاغشية على مكونات الليبدات ، كما ان سيولة الاغشية لها دور تنظيمى فى تكوين خلايا كرات الدم البيضاء ٠
ان وظائف الجهاز المناعى تعتمد على التداخل ما بين انواع الخلايا وتأثرها بالاحماض الدهنية فى الغذاء والتى لها القدرة على التحكم فى هذا التداخل فعلى سبيل المثال التداخل فى النشاط الخلوى لخلايا T يكون بغرض تكوين الاغشية وهذا التداخل ضرورى لاداء الوظيفة ، ويكون التأثير من خلال سيولة بلازما الاغشية التى تؤثر على خلايا T . ان كمية حمض الاراشيدونك المناسبة فى خلايا المناعة للأنسان تختلف طبقاً لانواع الخلايا وجزيئات الليبدات بها ٠
ولقد أوضحت الدراسات على الحيوانات انخفاض حمض اللبنوليك المتاح فى الغذاء ينتج عن انخفاض فى فوسفوليبيدات خلايا المناعة وانخفاض فى مستوى كل من الاحماض الدهنية ٠

التعديل فى الوظائف الوسطية للأغشية واشاراته:

Alteration in membrane-mediated function and signal

التغيرات فى وظائف بروتينات الاغشية :

التغيرات فى تركيب بلازما الاغشية يحدث تغير فى نشاط البروتين الذى يساعد على توجيه الايونات وربط الجزيئات ونقل المستقبلات وترجمة الاشارات الى انزيم ٠ ومعظم بروتينات الاغشية تتحد مع خلايا المناعة وتظهر تغيرات فى ليبيدات الاغشية ، وعلى سبيل المثال تغذية القطط على ٥% من الاحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs حدث ارتفاع فى تكوين خلايا T , B وخلايا كرات الدم البيضاء الناقلة للاشارات (CD7) بعد تنشيط عمل الجين ، وتوضح بعض الدراسات ان الاحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs ربما بطريقة ما تؤثر على العوامل الناسخة التى ربما تؤثر على اشارات الخلية التى تؤدى الى نشاط عامل كابا Kappa داخل النواة وهذا يكون نتيجة للتغذية على زيت السمك الذى يؤثر على نشاط عامل كابا Kappa فى المناعة التى تكون المقدرة على تقليل الانتاج التنظيمى للالتهاب الوسطية ، هناك مجموعة ثانية من العوامل مسئولة عن تنشيط المستقبلات تسمى(Proxi some proliferate activated (PPARs ومن اهم هذه المستقبلات فى الاغشية الفا ولامبا PPAR ويلعبا دور هام فى الكبد والنسبج الدهنى على التوالى ومع ذلك يحدث التهاب للخلايا ٠
وقد وجد ان نقص ألفا PPAR يؤدى الى نقص نشاط الاستجابة للالتهاب وحديثاً وجد ان نشاط كلا من الفا ولامبا PPAR يرجع الى ميكانيكية فعل مضادات الالتهاب التى ترجع للعاملين :

أ‌- PPARs ربما تزيد من نشاط عملية تكسسير الالتهاب من خلايا الـ B oxidation ٠
ب- PPARs ربما يحدث له تداخل مع الاجسام المضادة المنشطة للعوامل الناسخة ٠

التغيرات فى الاشارات الوسطية للأغشية : Transduction – mediated signal – Changes membrane

تتأثر معظم اشارات الخلايا بطريق ميكانيكة مختلفة ، معظم هذه الاشارات تكون عامة للنواة ومباشرة لفوسفوليبيدات الخلية مثل (حمض phophatidic والـ choline وحمض الاراشيدونيك) وهذه الاهمية التنظيمية النشطة للبروتينات تشمل استجابة خلايا المناعة ، وتركيز الليبدات ومكوناتها تقود الاشارة الناتجة عن الجزيئات لتوضح الحساسية للأحماض الدهنية غير المشبعة فى الخلايا او من الغذاء ، وتكون الحساسية ناتجة عن تعديل نشاط الانزيم للاشارة العامة او تعديل مكونات جزيئات المادة على سبيل المثال فوسفوليبيدات الخلايا الليمفاوية الفا C تكون قليلة النشاط بعد التغذية على غذاء غنى بزيت السمك ٠
وقد اظهر حمض الاراشيدونيك دوراً تنظيمياً لوظائف خلايا الجهاز المناعى مثل نشاط موت الخلايا طبيعياً ولذلك فان اضافة حمض الاراشيدونيك ينشط الخلايا من الداخل عن طريق انزيم الـ (nicotinamide adenine dinucleotide (NADPH phosphate ونشاط حمض الاراشيدونيك فى الاغشية نسيج كرات الدم البيضاء يزيد عملية الاكسدة داخل كرات الدم البيضاء٠

التغيرات فى تعبيرات الجين : Changes in gene expression

الاحماض الدهنية وخاصة غير المشبعة PUAFs لها دور فعال فى تعبيرات الجين المختلفة حيث تقوم بدور حيوى فى تنظيم عملية تمثيل البروتين من خلال خلايا الـ hepatocytes والـ adipocytes داخل خلايا الكبد والنسيج الدهنى ، وهذه التأثيرات تكون مباشرة مثل هرمون الـ eicosanoids الذى له تأثيرات مباشرة على تعبيرات الجين وهذا راجع الى ظهور الدور التنظيمى الاحماض الدهنية غير المشبعة لتعبير الجين عن النشاط الخلوى والتحام الجزيئات واكسدة جزئ حمض النتريك وبروتينات الجهاز المناعى الأخرى ٠

تأثير التطور على جهاز المناعة : Effect on development of the immune system

ان الاحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs لها تأثير على تطور ونمو خلايا T فى الاطفال او الحيوانات الصغيرة مع ذلك هناك دراسة حديثة درست تأثير التغير فى الاحماض الدهنية غير المشبعة PUAFs على الاداء الوظيفى لتطور المناعة

خلال ٤٢ يوم الأولى من الميلاد من عمر الانسان ، حيث قامت مجموعة من الاطباء بتغذية الاطفال الرضيعة على لبن معدل يحتوى على ٤% حمض الـ DHA وحمض الاراشيدونيك ٦% لمدة ٤٢ ، وتم اخذ عينة دم خلال الفترة من ١٤-٤٢ يوم من العمر وتم دراسة بعض المقاييس لدراسة تأثير التغذية على نمو وتطور المناعة وذلك بمقارنة التغذية على لبن الام والتغذية على اللبن المعدل وكانت النتيجة الآتية :

١- التغذية على لبن معدل به احماض دهنية طويلة السلسلة PUAFs زاد معنوياً نسبة تطور الاجسام المضادة بمقدار ٢٥% مقارنة مع تغذية الاطفال على اللبن غير المعدل ويرجع هذا الى ان اضافة DHA وحمض الاراشيدونيك فى لبن الاطفال المعدل ربما يساعد على تطور كرات الدم البيضاء CD4 خلال الفترة من ١٤-٤٢ يوم من العمر٠

٢- كانت مقدرة نواة كرات الدم البيضاء للاضافات فى اللبن المعدل لانتاج الانتر لوكين IL-10 اقل من مقدرة الاطفال التى تم تغذيتهم على اللبن العادى (لبن الامهات) ٠

٣- تغذية الاطفال على اللبن المعدل المحتوى على DHA + حمض الاراشيدونيك ينتج عنه انخفاض معنوى فى كمية مستقبلات IL-2 المنتجة من خلال نشاط انوية خلايا كرات الدم البيضاء وذلك عند عمر ٤٢ يوم مقارنة مع اليوم ١٤ ٠

(٣) التمثيل الغذائى للبروتينات
لانتاج الطاقة فى الحيوانات وحيدة المعدة والمجترات

من المعروف أن ناتج هضم البروتينات داخل جسم الحيوان والدواجن بواسطة الانزيمات الهاضمة الخاصة بتحليل البروتينات هو الأحماض الأمينية. يتم التمثيل الغذائى للأحماض الأمينية الى مكوناتها الأساسية والحصول منها على الطاقة. وتستخدم الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة أو تتم عمليات الهدم (Catabolism or Exergonic reactions) على الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة فى الحالات الأتية:

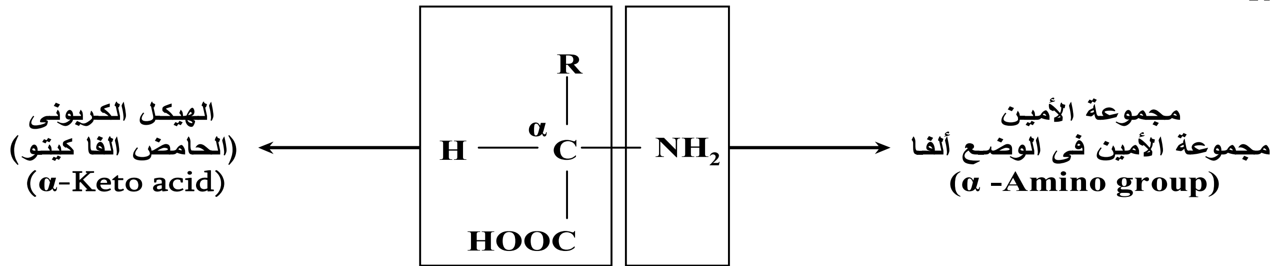
١- فى بعض الحالات العادية تستخدم الأحماض الأمينية لبناء البروتينات ويحدث أن تتكون الأحماض الأمينية فى صورة حرة وفى حالة عدم الحاجة اليها فى بناء تلك البروتينات الجديدة يتم اجراء الأكسدة الهدمية عليها أو اجراء تفاعلات الهدم عليها للحصول منها على الطاقة.

٢- عند التغذية على علائق مرتفعة فى محتواها من البروتين فيحدث زيادة فى مستوى الأحماض الأمينية عن الحاجة حيث يتم هدمها للحصول على الطاقة لأن الأحماض الأمينية لا تخزن فى الجسم.

٣- فى حالات الصيام حيث تكون الكربوهيدرات غير متاحة او لا يمكن للجسم استخدامها.

الشكل العام للأحماض الأمينية:

ويوضح الشكل التالى الشكل العام للأحماض الأمينية التى تتشابه فيما بينها فى الهيكل الكربونى والتى تختلف فيما بينها فى الـ R



شكل رقم (١٦)

وللحصول على الطاقة من أى حامض امينى يحدث الأتى:

١- فقد لمجموعة الأمين (α-Amino group) وتتكون الأمونيا.

٢- يبقى الهيكل الكربونى (الحامض الفا كيتو) المتكون وتتم عليه الأكسدة أو عمليات التمثيل الغذائى بأن يدخل فى دورة TCA للحصول على الطاقة و CO_2 و H_2O. هذا الهيكل الكربونى غالبا ما يكون من المركبات الوسطية لدورة الـ TCA.

وعموما مسارات هدم الأحماض الأمينية تتشابه فى معظم الكائنات الحية. وتعتبر الأحماض الأمينية مركز متوسط لتمثيل الكربون حيث أن الجزء الكربونى (الحامض الفا كيتو) المتبقى من الأحماض الأمينية بعد نزع مجموعة الأمين يدخل الى دورة Kripp's والذى منه يتم انتاج الطاقة او اعادة بناء الجلوكوز.

هدم الأحماض الأمينية: Amino acids catabolism

أول خطوة فى عمليات هدم الأحماض الأمينية هو ازالة مجموعة الأمين NH_2 عن طريق عملية تسمى نزع مجموعة الأمين Deamination وهذه العملية هامة فى تمثيل الأحماض الأمينية من ناحية البناء أو الهدم. وهناك عدة طرق لعملية الـ Deamination منها:

١- نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination.

٢- نزع مجموعة الأمين بدون أكسدة Non-oxidative deamination.

٣- نقل مجموعة الأمين Transamination.

(١) نزع مجموعة الأمين (NH_2) بالأكسدة: Oxidative deamination

وفى التفاعل التالى يتم أكسدة الحامض الأمينى الآنين Alanine بواسطة الـ NAD الى Imino acid alanine الذى سرعان ما يتحول الى حامض البيروفيك Pyruvic acid وتخرج مجموعة الأمين (NH_2) من التفاعل فى صورة أمونيا (NH_3) وبالتالى يكون ناتج التمثيل الغذائى للأحماض الأمينية بطريقة Oxidative deamination حامض كيتونى (حامض البيروفيك) والأمونيا (NH_3).

$H - C(CH_3)(COOH) - NH_2$ — NAD → $NADH_2$ (Dehydrogenase) → $C(CH_3)(COOH) = NH$ — Inolase, HOH → NH_3 → $C(CH_3)(COOH) = O$

Alanine — Imino acid alanine حامض ايمينى — Pyruvic acid

(٢) نزع مجموعة الأمين (NH_2) بدون أكسدة : Non-oxidative deamination

يتم نزع مجموعة الأمين بدون اكسدة بواسطة انزيم Deaminase وتخرج مجموعة الأمين (NH_2) من التفاعل فى صورة أمونيا (NH_3) وبالتالى يكون ناتج التمثيل الغذائى للأحماض الأمينية بطريقة Non-oxidative deamination حامض غير مشبع والأمونيا (NH_3).

Aspartic acid ($COOH - CH_2 - C(H)(NH_2) - COOH$) — Aspartic Deaminase → NH_3 → Fumaric acid ($COOH - CH = CH - COOH$)

(٣) نقل مجموعة الأمين (NH_2) :Transamination

وتتم هذه العملية فى وجود انزيم Transaminase وتعتبر هذه العملية أكثر العمليات انتشارا فى نقل مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية. حيث يتم نقل مجموعة الأمين (NH_2) من أحد الأحماض الأمينية (مثل حامض الجلوتاميك Glutamic acid) الى حامض كيتونى (مثل حامض البيروفيك Pyruvic acid) وذلك فى وجود انزيم Transaminase ومعاون الانزيم Vitamin B_6 فى صورة بيروديكسال فوسفات Pyridoxal phosphate حيث يتحول حامض الجلوتاميك الى حامض الفا كيتو جلوتاريك α-Keto glutaric (حامض كيتونى) والحامض الكيتونى (حامض البيروفيك) يتحول الى حامض أمينى (الآنين Alanine). أما معاون الانزيم دخل وخرج من التفاعل كما هو دون اى تغيير ليدخل التفاعل من جديد.

Glutamic acid ($COOH - CH2 - CH_2 - H - C - NH2 - COOH$) + Pyridoxal phosphate (CHO, HO, CH_2OP, H_3C, N, Enzyme) + Pyruvic acid ($CH_3 - C = O - COOH$)

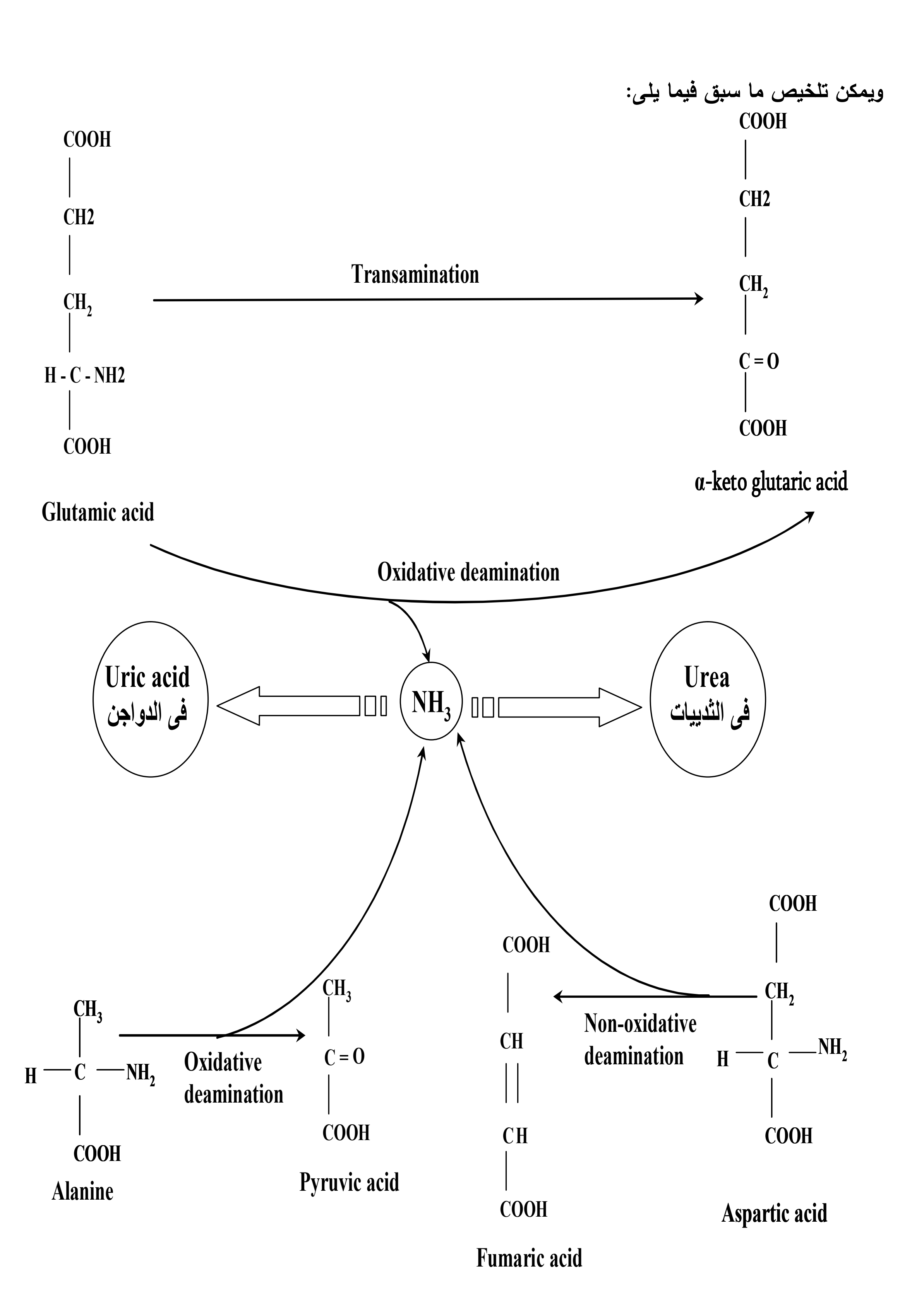
↓ Step 1

α-keto glutaric acid ($COOH - CH2 - CH_2 - C = O - COOH$) + ($CH_2 . NH_2$, HO, CH_2OP, H_3C, N, Enzyme)

↓ Step 2

(CHO, HO, CH_2OP, H_3C, N, Enzyme) + Alanine ($H - C(CH_3)(COOH) - NH_2$)

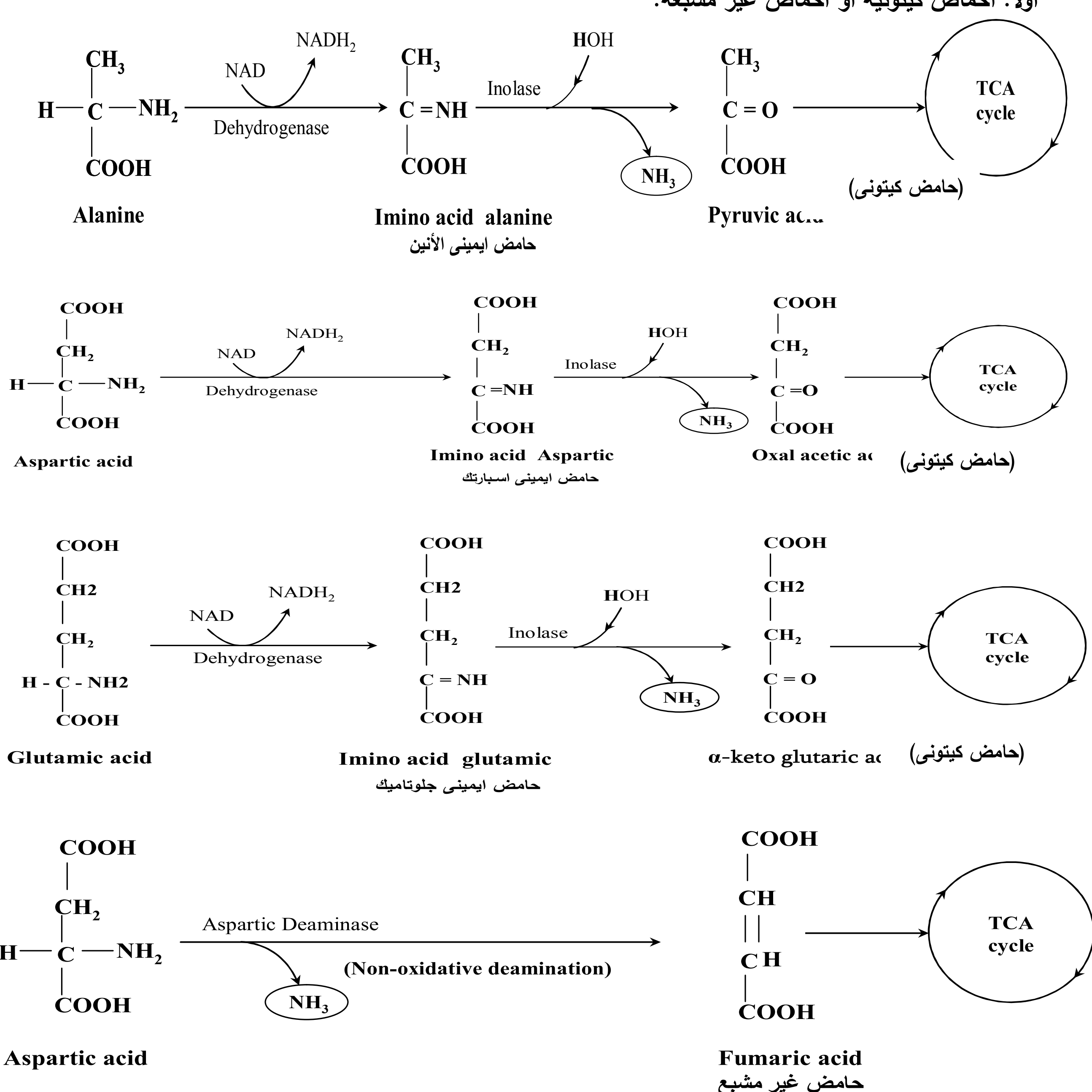
ويمكن تلخيص ما سبق فيما يلى:



نواتج هدم الأحماض الأمينية:

بعد أن تتم عمليات ازالة مجموعة الأمين بالأكسدة (Oxidative deamination) وبدون الأكسدة (Non-oxidative deamination) أوعن طريق عملية نقل مجموعة الأمين بالـ Transamination من الأحماض الأمينية يكون نواتج هدم الأحماض الأمينية للحصول على الطاقة هي أحماض كيتونية أو أحماض غير مشبعة والأمونيا. وسوف نتعرض الأن على كيفية الحصول على الطاقة من نواتج هدم الأحماض الأمينية:

أولا: أحماض كيتونية أو احماض غير مشبعة:



يتضح أن هدم الأحماض الأمينية السابقة (الأنين ، الاسبارتيك و الجلوتاميك) أو تمثيلها غذائيا بطريقة الـ Oxidative deamination الى أحماض كيتونية ينتج عنها +٣ مول ATP.

ثانيا: تمثيل مجموعة الأمين أوتمثيل الأمونيا:
تعتبر الأحماض الأمينية هى المصدر الأساسى لمجموعة الأمين ويحدث تمثيل الأحماض الأمينية فى الكبد. والأمونيا المتكونة نتيجة تمثيل مجموعة الأمين يجب على الجسم التخلص منها ويتم ذلك بأحدى الطرق الأتية:

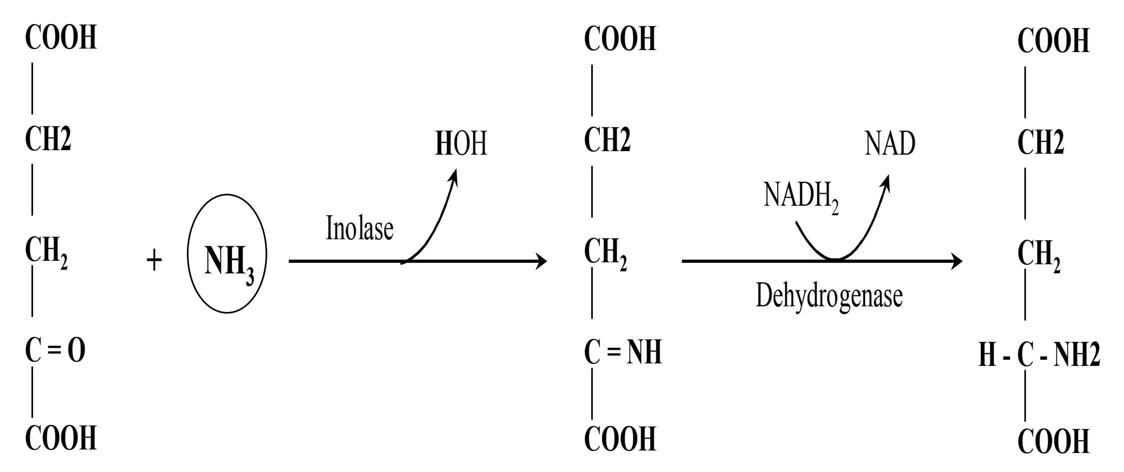
١- يتم التخلص من الأمونيا مباشرة عن طريق أفرازها فى البول وارتفاع نسبة الأمونيا فى البول دليل على حدوث خلل فى التمثيل الغذائى للبروتين فى الجسم وذلك فى حالة عدم الحاجة اليها فى بناء مركبات نيتروجينية جديدة.

٢- يعاد استخدام الأمونيا فى عمليات التخليق الحيوى لبعض المركبات النيتروجينية الهامة (أحماض أمينية جديدة). وكمثال على ذلك تفاعل الأمونيا مع الحامض الكيتونى (البيروفيك) فيتكون الحامض الأمينى الآنين كما هو موضح فى التفاعل التالى:

$$CH_3-C(=O)-COOH + NH_3 \xrightarrow[\text{Inolase}]{-HOH} CH_3-C(=NH)-COOH \xrightarrow[\text{Dehydrogenase}]{NADH_2 \rightarrow NAD} H-C(CH_3)(NH_2)-COOH$$

Pyruvic acid — **Imino acid alanine** (**حامض ايمينى**) — **Alanine**

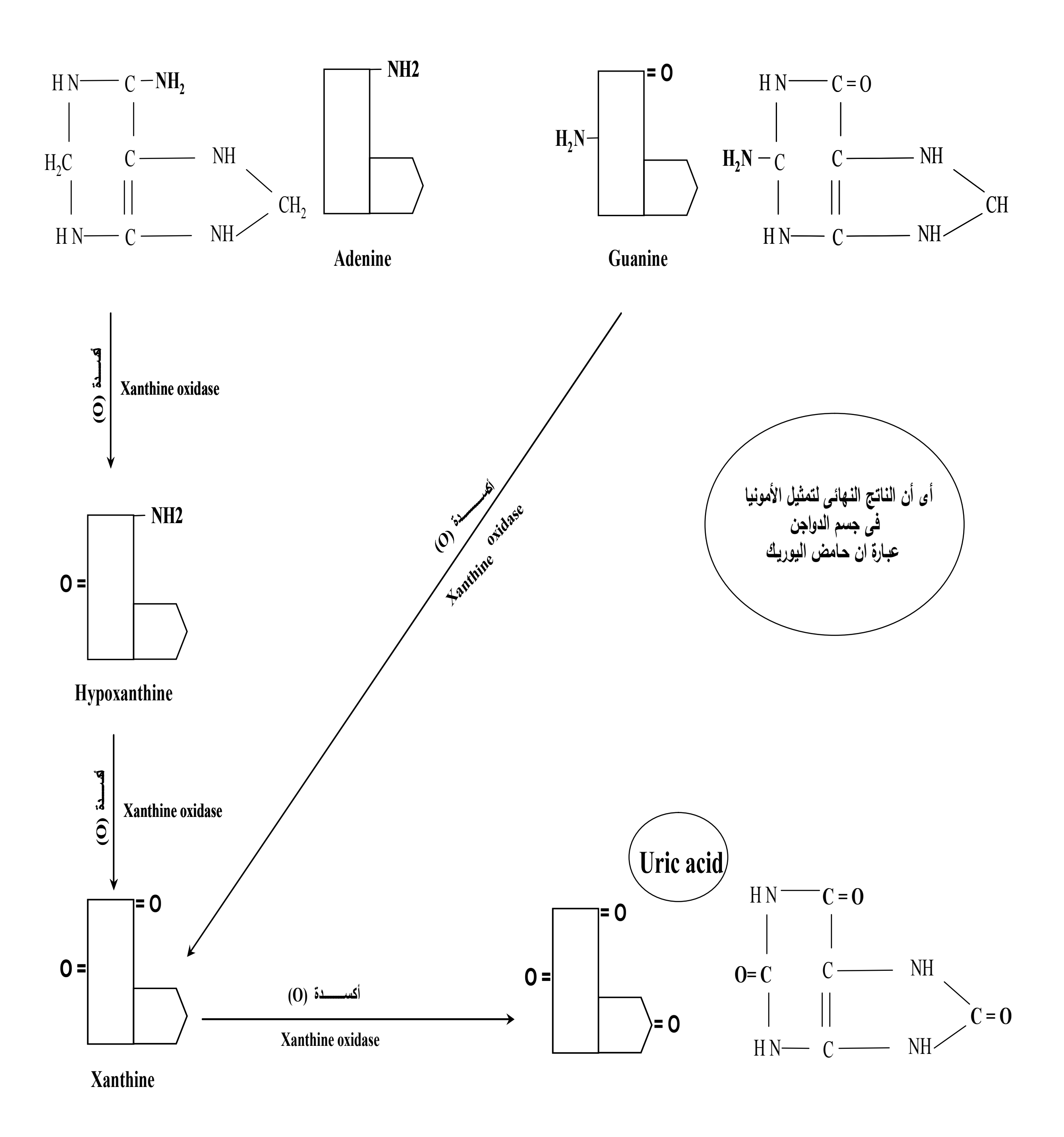
وكمثال أخر على التخلص من الأمونيا فى تكوين أحماض أمينية جديدة هو تفاعل α-keto glutaric acid مع الأمونيا وفى هذه الحالة يتكون الحامض الأمينى جلوتاميك.



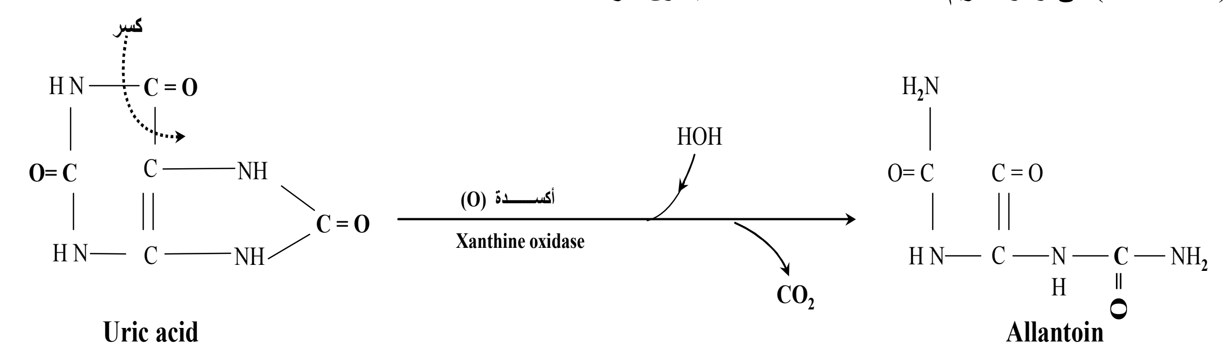
α-keto glutaric acid — **Imino acid glutamic** (**حامض ايمينى جلوتاميك**) — **Glutamic acid**

٣- تتحول الأمونيا فى الكبد الى:
أ- يوريا Urea التى تفرز فى البول وهذا يحدث فى الحيوانات الثديية (الانسان وفصيلة القرود فقط).
ب- أما باقى الثدييات يتم التخلص من الأمونيا فى صورة مركب يسمى Allantoin.

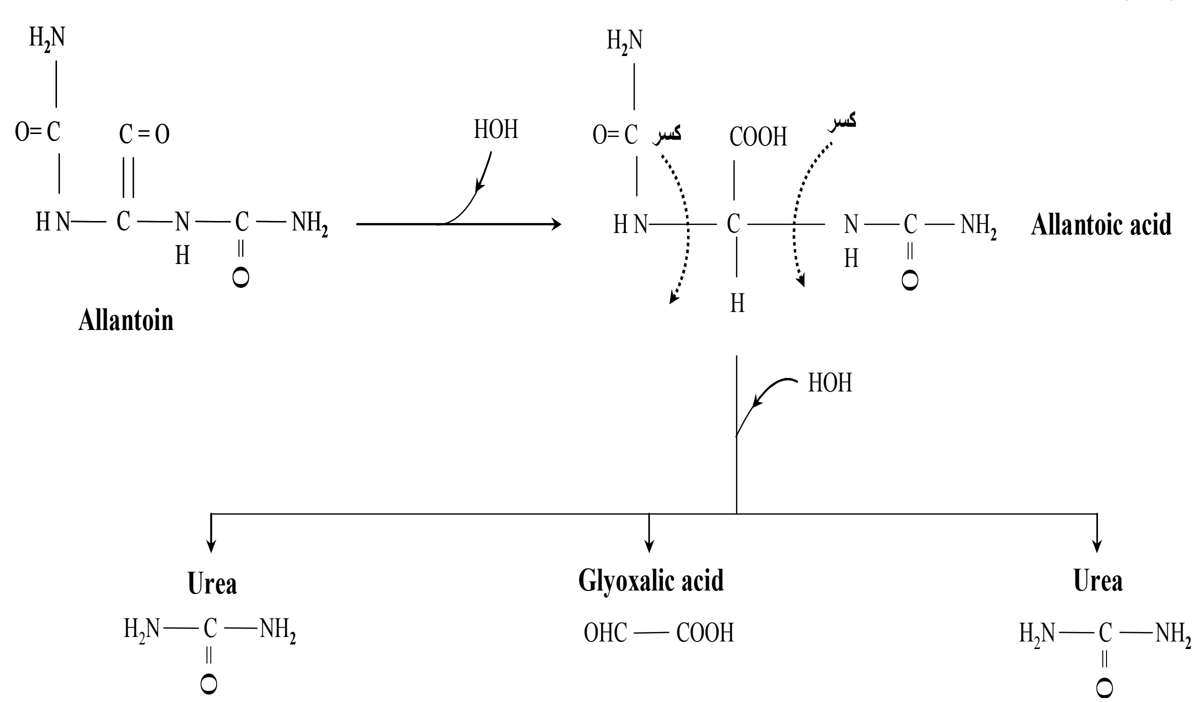
ج- بينما يتم التخلص من الأمونيا فى الدواجن على صورة حامض يوريك Uric acid.
د- بينما يتم التخلص من الأمونيا فى الكائنات البحرية (الأسماك) على صورة يوريا وحامض جليكوكساليك.
١- التخلص من الأمونيا فى الدواجن:
فى الدواجن ترتبط الأمونيا (NH_3) الناتجة من عمليات نزع مجموعة الأمين بالأكسدة(Oxidative deamination) أو نزعها بدون أكسدة (Non- oxidative deamination) مع بعض القواعد الأزوتية مثل الأدنين (Adenine) والجوانين (Guanine) ثم يتم عليها العديد من مراحل الأكسدة عن طريق انزيم Xanthine oxidase حيث تتحول فى النهاية الى حامض اليوريك (Uric acid) الذى يخرج فى الزرق خارج الجسم. اى ان الدواجن تتخلص من الأمونيا الناتجة من عمليات التمثيل الغذائى للبروتين أو الأحماض الأمينية فى صورة حامض يوريك ويتم ذلك على النحو التالى:



٢ – التخلص من الأمونيا فى الثدييات عدا الانسان وفصيلة القرود:
يتم التخلص من الأمونيا الناتجة من عمليات التمثيل الغذائى للبروتينات والأحماض الأمينية فى الحيوانات المجترة وغيرها من الثدييات الأخرى بخلاف الانسان وفصيلة القرود فى صورة مركب يسمى Allantoin. حيث يحدث أكسدة لحامض اليوريك (Uric acid) فى وجود انزيم Xanthine oxidase فيتكون مركب الـ Allantoin.



٣- التخلص من الأمونيا فى الكائنات البحرية (الأسماك):
فى الكائنات البحرية (الأسماك) يتم التخلص من الأمونيا الناتجة من عمليات التمثيل الغذائى للبروتين والأحماض الأمينية فى صورة يوريا وحامض جليوكساليك.



مما سبق يتضح ان الأمونيا الناتجة من تمثيل البروتين والأحماض الأمينية فى جسم الدواجن والكائنات البحرية والثدييات خلاف الانسان وفصيلة القرود يتم التخلص منها بدون استهلاك أى من مركبات الطاقة ATP.

٤- التخلص من الأمونيا فى الانسان وفصيلة القرود:
يتم التخلص من الأمونيا فى الانسان وفصيلة القرود على صورة يوريا. حيث تتكون اليوريا فى الكبد ثم تنتقل الى الكلية حيث تفرز فى البول. وتسمى عملية التخلص من الأمونيا فى الانسان بدورة اليوريا Urea cycle حيث اكتشفت دورة اليوريا قبل

دورة TCA بخمسة أعوام. ويجب على جسم الانسان التخلص من الأمونيا الناتجة من تمثيل البروتين والأحماض الأمينية نظرا لتأثيرها الضار عند زيادة تركيزها حيث تسبب حالات فقد الوعى وبعض الأضرار الأخرى للمخ وكذلك زيادة قلوية السوائل الخلوية مما يؤدى الى حدوث اضطراب فى عمليات التمثيل الغذائى بالجسم. يتم تمثيل الأمونيا لتكوين اليوريا على عدة خطوات كما يلى:

١-يحدث تفاعل تكثيف للأمونيا مع ثانى أكسيد الكربون CO_2 فيتكون كرباميت Carbamate.

٢-يتم تنشيط هذا الـ Carbamate المتكون بالـ ATP حيث يتحول الى Carbamyl phosphate.

٣-يتفاعل جزىء الكرباميل فوسفات Carbamyl phosphate مع مركب الأورنيثين Ornithine ليعطى مركب ستريولين Citrulline.

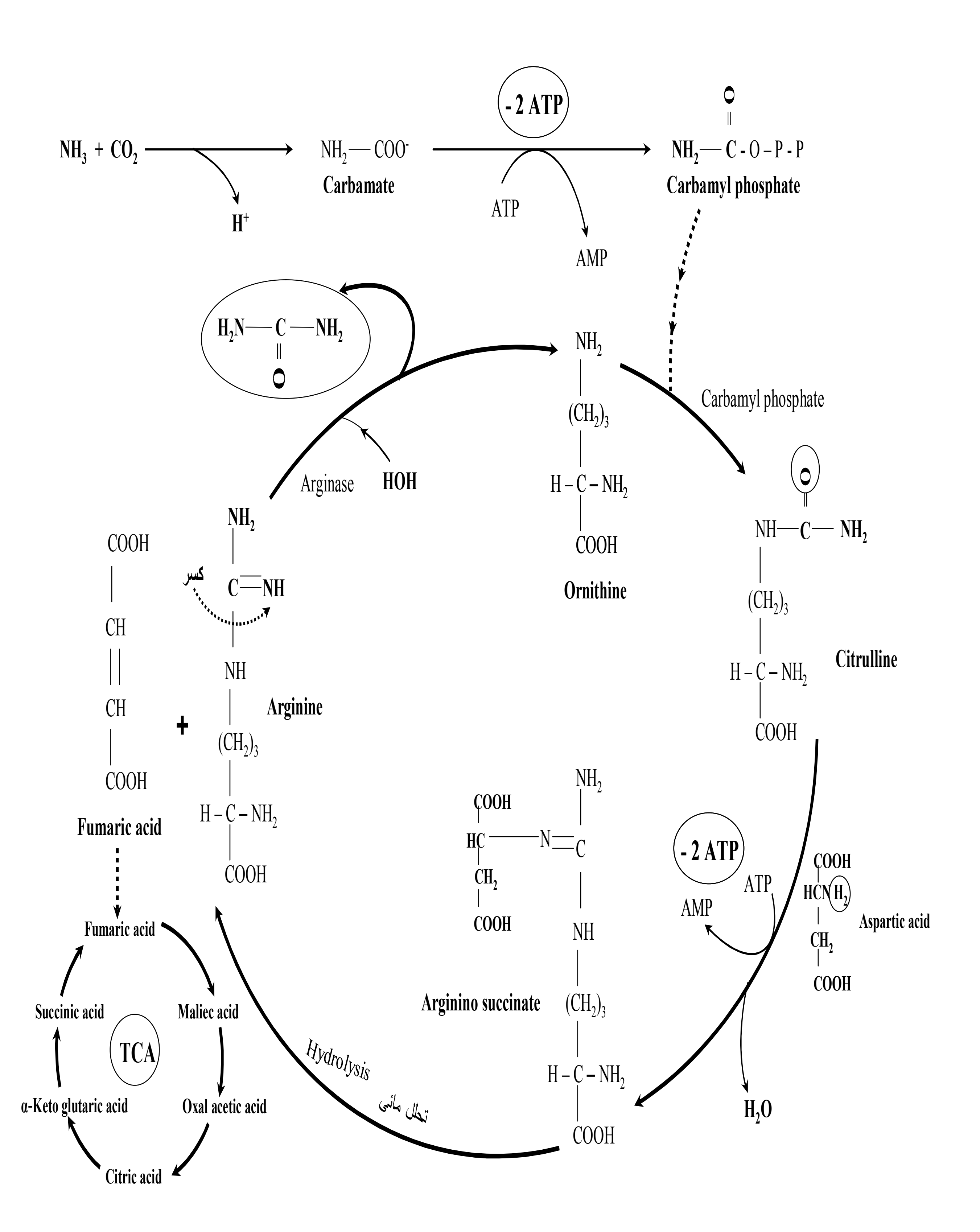
٤-يرتبط مركب ستريولين Citrulline مع حامض الاسبارتيك Aspartic acid فيتكون مركب الأرجينوسكسينات Arginino succinate ويستهلك هذا التفاعل ٢ جزىء من مركب الطاقة ATP.

٥-ينقسم جزىء الأرجينوسكسينات Arginino succinate ليتكون جزىء الأرجينين وجزىء أخر من حامض الفيوماريك Fumaric acid.

٦-يتم التحليل المائى لجزىء الأرجينين ليعطى جزىء اليوريا ويتكون جزىء جديد من الأورنيثين Ornithine لاستكمال الدورة مرة أخرى (اعادة تخليق الأرجنين من الأورنيسين).

العلاقة بين دورة اليوريا ودورة الـ TCA :

يمكن الربط بين دورة اليوريا ودورة حامض الستريك أو Kripp's cycle أو TCA حيث يعتبر جزىء حامض الفيوماريك Fumaric acid هو حلقة الوصل بين الدورتين حيث أثناء دورة اليوريا يتم تكوين جزىء حامض الفيوماريك وهو جزء من مركبات دورة الـ TCA والذى يتم تحويله الى حامض الماليك Maliec acid ثم يتحول الى Oxal acetic acid.

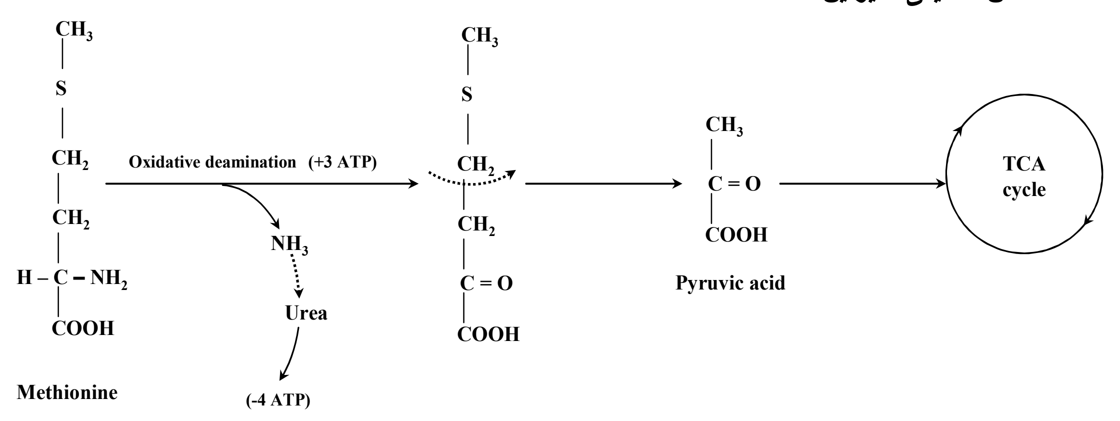


NH3 + CO2
H+
NH2 — COO-
Carbamate
- 2 ATP
ATP
AMP
NH2 — C - O - P - P
Carbamyl phosphate
H2N — C — NH2
NH2
(CH2)3
H - C - NH2
COOH
Ornithine
Carbamyl phosphate
Arginase
HOH
NH — C — NH2
(CH2)3
H - C - NH2
COOH
Citrulline
COOH
CH
CH
COOH
Fumaric acid
NH2
C — NH
NH
(CH2)3
H - C - NH2
COOH
Arginine
كسر
COOH
HC — N — C
CH2
COOH
Arginino succinate
- 2 ATP
ATP
AMP
COOH
HCNH2
CH2
COOH
Aspartic acid
H2O
Hydrolysis
تحلل مائى
Fumaric acid
Maliec acid
Oxal acetic acid
Citric acid
α-Keto glutaric acid
Succinic acid
TCA

والأن الى حساب الطاقة المستهلكة فى لتكوين جزىء واحد من اليوريا:

التفاعـــــل	استهلاك الـ ATP
Carbamate → Carbamyl phosphate. Citrulline → Arginino succinate.	٢ مول ٢ مول
المحصلة النهائيــــة	**٤ مول**

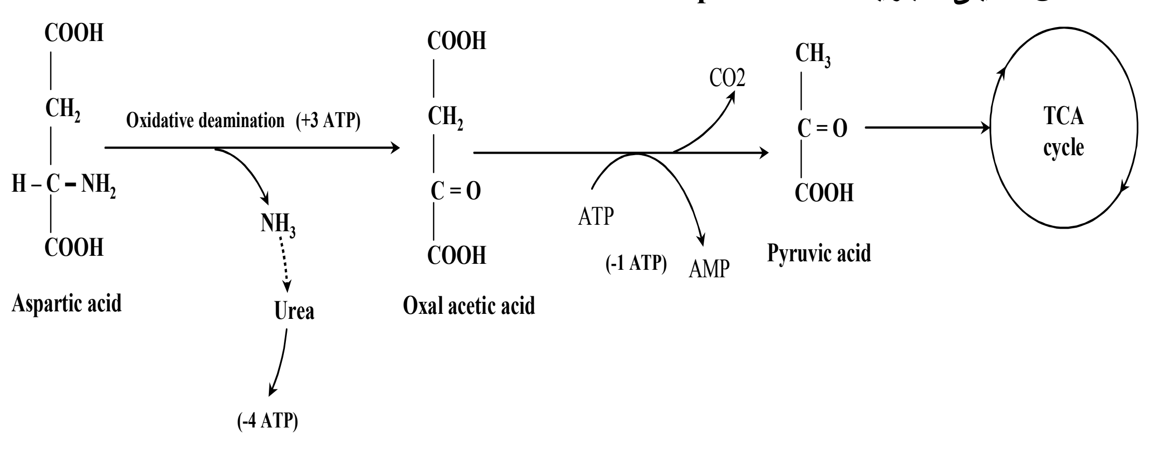
أى أنه لتكوين جزىء واحد من اليوريا فى الانسان وفصيلة القرود يتم استهلاك -٤ مول ATP
أمثلة على كيفية الحصول على الطاقة من بعض الأحماض الأمينية وحساب الطاقة الناتجة من التمثيل:
١- الحامض الأمينى مثيونين Methionine:



حساب الطاقة الناتجة من تمثيل جزىء واحد من المثيونين:

- نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination يتم من خلالها انتاج +٣ مول ATP.
- لتحويل اليوريا الى امونيا يتم استهلاك -٤ مول ATP.
- تكوين حامض البيروفيك من المثيونين حيث يدخل حامض البيروفيك فى دورة TCA ويعطى +١٥ مول ATP.
- عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل المثيونين = + ١٥ +٣ – ٤ = +١٤ مول ATP.
- الطاقة الكلية الناتجة من تمثيل المثيونين مقدرة بالكيلوجول = ١٤ x ٣٣.٥ = ٤٦٩ كيلوجول.
- عند حرق واحد مول من المثيونين فى المسعر الحرارى يعطى طاقة مقدارها = ١١٠٠ كيلوجول
- كفاءة تمثيل المثيونين = ٤٦٩ / ١١٠٠ x ١٠٠ = ٤٢.٦٤%.

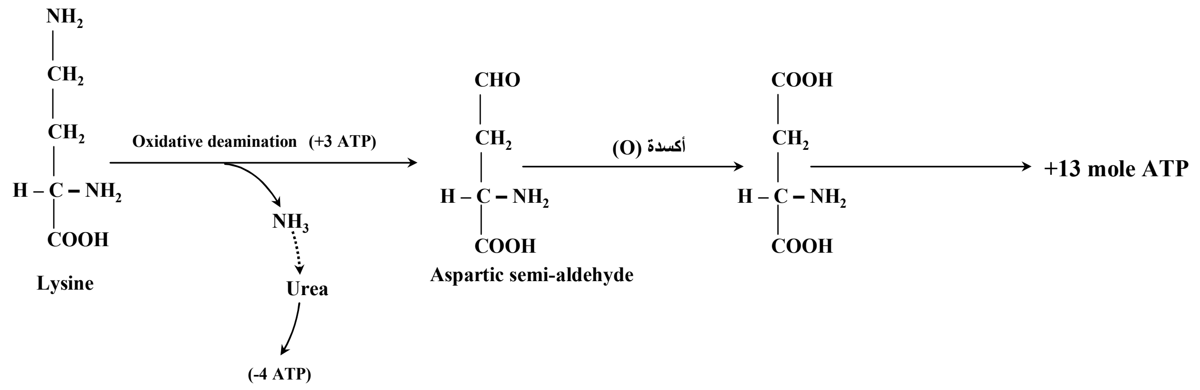
٢- الحامض الأمينى اسبارتيك Aspartic acid:



حساب الطاقة الناتجة من تمثيل جزىء واحد من الاسبارتيك:

- نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination يتم من خلالها انتاج +٣ مول ATP.
- لتحويل اليوريا الى امونيا يتم استهلاك -٤ مول ATP.
- لتحويل Oxal acetic acid الى Pyruvic acid يتم استهلاك -١ مول ATP.
- تكوين حامض البيروفيك من الاسبارتيك حيث يدخل حامض البيروفيك فى دورة TCA ويعطى +١٥ مول ATP.
- عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل الاسبارتيك = + ١٥ +٣ -٤ -١ = +١٣ مول ATP.
- الطاقة الكلية الناتجة من تمثيل الاسبارتيك مقدرة بالكيلوجول = ١٣ x ٣٣.٥ = ٤٣٥.٥ كيلوجول.
- عند حرق واحد مول من الاسبارتيك فى المسعر الحرارى يعطى طاقة مقدارها = ١٠٠٠ كيلوجول
- كفاءة تمثيل الاسبارتيك = ٤٣٥.٥ / ١٠٠٠ x ١٠٠ = ٤٣.٥٥%.

٢- الحامض الأمينى ليسين Lysine:



حساب الطاقة الناتجة من تمثيل جزىء واحد من الليسين:

- نزع مجموعة الأمين بالأكسدة Oxidative deamination يتم من خلالها انتاج +٣ مول ATP.
- لتحويل اليوريا الى امونيا يتم استهلاك -٤ مول ATP.
- عدد مولات الـ ATP الناتجة من الحامض الأمينى الاسبارتيك +١٣ مول ATP.
- عدد مولات الـ ATP الناتجة من تمثيل الليسين = + ١٣ +٣ -٤ = +١٢ مول ATP.
- الطاقة الكلية الناتجة من تمثيل الليسين مقدرة بالكيلوجول = ١٢ x ٣٣.٥ = ٤٠٢ كيلوجول.
- عند حرق واحد مول من الليسين فى المسعر الحرارى يعطى طاقة مقدارها = ١٠٠٠ كيلوجول
- كفاءة تمثيل الليسين = ٤٠٢ / ١٠٠٠ x ١٠٠ = ٤٠.٢%.

التغذية والتمثيل الغذائي لبروتين العليقة (*)
Feeding and metabolism of dietary protein

تفريدات البروتين في أعلاف المجترات: Protein fractions of ruminant feeds
توجد بعض أنواع بروتين هامة وتعريفات شائعة الاستخدام في تغذية المجترات خاصة في تكوين عليقة الماشية الحلابة.
البروتين الكلي (الخام): Crude Protein (CP)
البروتين الخام يقيس النيتروجين الكلي أكثر من البروتين الحقيقي ، والطريقة مبنية علي أساس فرض أن كل البروتينات تحتوي علي ١٦% نيتروجين. الطريقة الأكثر شيوعا في الاستخدام لقياس CP المعروف بطريقة كلداهل. وقيمة النتروجين المتحصل عليها بهذه الطريقة تضرب في ٦.٢٥ (١٠٠/١٦) للحصول علي محتوي البروتين الكلي(الخام) CP.
البروتين الذائب القابل للذوبان Soluble Protein (SCP)
البروتين الذائب جزء من تفريدات البروتين الكلي CP fraction الذي يذوب في محلول منظم Buffer solution والماء أو سوائل الكرش rumen fluid . في موديلات /نماذج تقيم العليقة الحديثة ، لقياس البروتين الذائب SCP كبروتين ذائب في محلول بورات الفوسفات المنظم (borate-phosphat buffer (pH 6.9) كميات معتبرة من CP في العلف الأخضر صغير العمر والسيلاج وبذور البقوليات والبذور الزيتية في صورة SCP. وهذا البروتين الذائب سريع التحلل degraded rapidly بميكروبات الكرش. جزء البروتين الذائب يحتوي كل النيتروجين غير البروتيني وبعض البروتين الحقيقي.
النيتروجين غير البروتيني : Non-Protein Nitrogen (NPN)
يمثل كل المركبات النيتروجينية والتي ليس لها تركيب البروتين الحقيقي المعقد ويشتمل النيتروجين غير البروتيني علي الامونيا، الببتيدات الصغيرة ، الاحماض الأمينية الحرة، الأمينات، الأميدات. معظم البروتين الذائب في السيلاج والنواتج الزراعية (المخلفات مثل القش Straws ، الأحطاب Stovers) ويكون في صورة NPN. كل من SCP , NPN تتحول بسرعة فى الكرش الى امونيا.
البروتين غير الذائب فى محلول المنظف المتعادل:Neutral Detergent Insoluble Protein (NDICP or NDIN)
كمية CP المصاحبة مع الألياف الذائبه فى الصابون المتعادل Neutral Datergent Fiber (جدار الخلية)، تعريف آخر NDICP هوكمية البروتين غير الذائب في محلول منظف/مطهر متعادل ، ويقاس بتحليل بقايا الألياف المتعادلة NDF residues للبروتين الخام CP. البروتين غير الذائب المتعادل يتحلل ببطيء في الكرش ويرجع ذلك إلي ارتباطه مع جدار الخلية، لهذا نسبة مئوية عالية من NDICP يهرب من التخمر الميكروبي في الكرش escaps ruminal microbil fermentation وممكن أن يهضم في الأمعاء الدقيقة. يحتوي العلف الناضج، منتجات التقطير، الاغذية المعاملة حراريا كميات معتبرة من .NDICP.
البروتين غير الذائب فى محلول المنظف الحامضي: Acid Detergent Insoluble Protein (ADICPor ADIN)
هو كمية البروتين المصاحبة مع الألياف الذائبه فى محلول المنظف الحامضي acid detergent fiber أو كمية البروتين غير الذائبة في محلول منظف/مطهر حامضي. هذا الجزء من البروتين لا يتحلل بميكروبات الكرش، ولا يمكن هضمه بانزيمات تحليل البروتين Proteolytic enzymes في الأمعاء الدقيقة. لهذه الأسباب ، يعرف هذا الجزء من البروتينات ببروتين غير متاح unavailable protein ويقاس بتتبع بقايا/مخلفات ADF في تحليل CP.
المستوي العالي ADICP في مواد العلف دليل علي أنه بروتين فقير في الجودة، كما أن مواد العلف التي تتعرض لمعاملة حرارية زائدة تحتوي علي كميات كبيرة من ADICP (بروتين تلف حراريا heat damaged protein).
بروتين الكرش غير قابل للتحلل /غير المهدوم : Ruminal Undegraded Protein (RUP)
يشير إلي البروتين في بروتين العليقة والذي لايتحلل بميكروبات الكرش، وبمعني آخر بروتين العليقة الذي يقاوم المهاجمة الميكروبية في الكرش. تستخدم الطرق العديدة معملية in vitro ، حيوية in vivo، حيوية معملية insito لتقدير RUP. الطرق أكثر استخداما وشيوعا هي the nylon bags (in situe) technique وتشمل الطريقة تحضين كيس نايلون صغير يحتوي عينات العلف في داخل الكرش سواء لبقرة أو ثور لمدة زمنية (١٢- ١٦ ساعة) بعدها يقدر نسبة التحلل فى الكرش بكمية البروتين المتبقي في الكيس .

(*) Macdonald Campus of Mc-Gil University, Fac. Agric. & Environmental Sciences, Dairy cattle production 342-450
* مراجعة أ.د. رضا على محمد علي – أستاذ غير متفرغ – قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة القاهرة.

البروتين الهارب من الكرش : Ruminal Bypass Protein

اصطلاح Bypass أحيانا يستخدم خطأ للإشارة إلي RUP ، ولكنه يشير إلي جزء من بروتين العليقة المقاوم للمهاجمة الميكروبية الذي يمر بالكرش بدون خلط دقيق مع محتويات الكرش (البروتين غير المهضوم فى الكرش). السوائل الغذائيه التى تمر فى esophageal groove لاتدخل في هذا النموذج من البروتين.

بروتين الكرش الميكروبي : Ruminal Microbial Protein

هو جزء البروتين المتكون من الميكروبات في الكرش. تستخدم ميكروبات الكرش الأمونيا والأحماض الأمينية والببتيدات لتكوين البروتين الميكروبي الذي يغطي/يمد حوالى ٦٠ – ٨٠% من احتياجات البروتين للبقر الحلاب (المجترات). البروتين الميكروبي عالي القيمة الهضمية وعالى القيمة الحيوية (يهضم في الحيوان بدرجة عالية) بنسبة ٨٠% مهضوم.

نيتروجين الروث التمثيلي : Metabolic Fecal Nitrogen (MFN)

كمية البروتين التي لا تنتج مباشرة من بروتين الغذاء غير المهضوم أوالبروتين الميكروبي، هى عبارة عن الانزيمات ، خلايا الأمعاء الخارجية/المبطنه intestinal epithelial cells ويمكن تقدير MFN من نيتروجين الروث الخارج من حيوانات تغذت علي علائق خالية من النيتروجين.

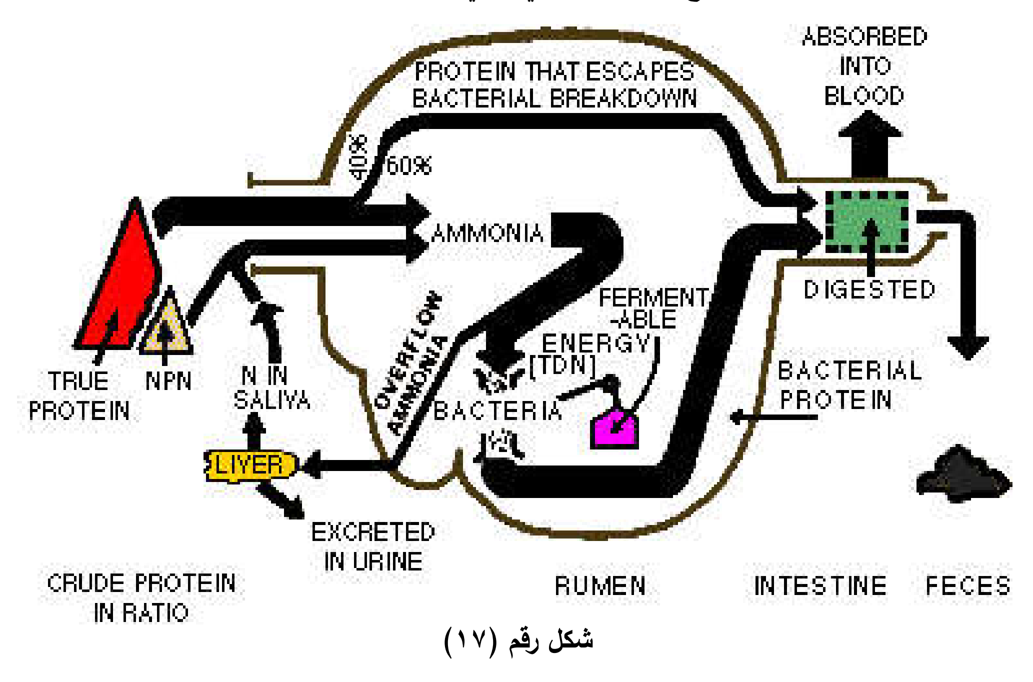
البروتين الممثل / القابل للتمثيل: Metabolizable Protein

يعرف بأن الكمية الصافية من البروتين الحقيقي أو الاحماض الامينية (بروتين الغذاء أو بروتين حقيقي ميكروبي) الذى يمثل ويمتص في الأمعاء الدقيقة. وهو مجموع المهضوم من بروتين الغذاء والبروتين المكيروبي – الاحماض النووية nucleic acid .

تمثيل البروتينات فى المجترات
Protein Metabolism in Ruminants

الخلفية : Back ground

البقرة (المجترات) لها القدرة علي الحياة وانتاج بعض اللبن بدون مصدر للبروتين الحقيقى فى العليقة ويرجع ذلك إلي تكوين البروتين الميكروبي Microbial protein في الكرش . ميكروبات الكرش قادرة علي استخدام النيتروجين غير البروتيني (أساسا الامونيا) لتكوين البروتين الميكروبي. وتهضم الميكروبات لاحقا ويستخدم الحيوان الاحماض الأمينية ليغطي احتياجات الحيوان من الأحماض الأمينية لأغراض الإنتاج المختلفة . وجود ميكروبات الكرش تجعل من الممكن للحيوانات المجترة استخدام المصادر البروتينية مثل اليوريا لانتاج بروتين ميكروبي عالي الجودة.



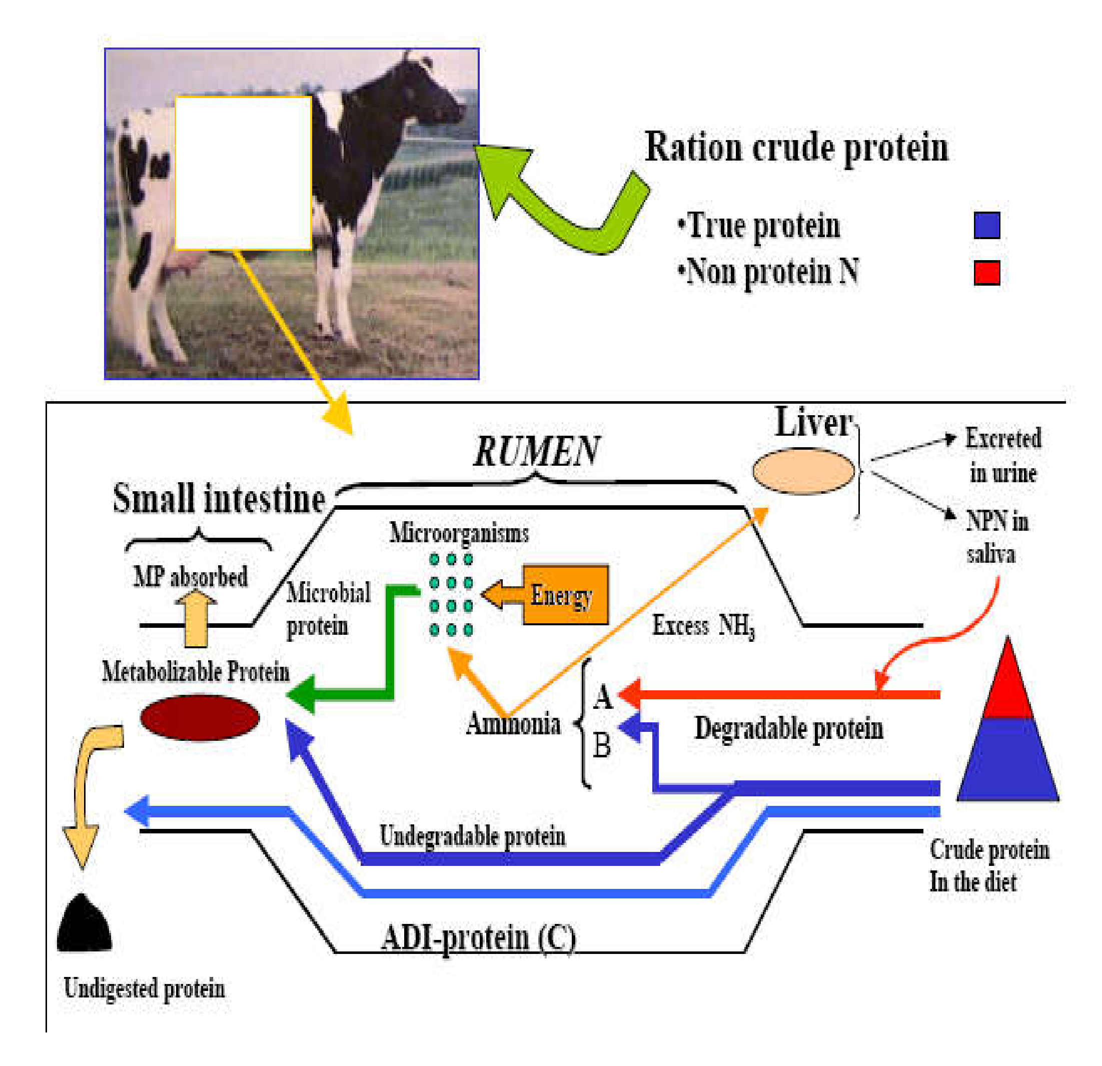
شكل رقم (١٧)

جزء من البروتين المأكول يتحلل ميكروبيا فى الكرش والشبكية بواسطة ميكروبات الكرش والجزء الباقى بالإضافة الى البروتين الميكروبى يتحلل عن طريق الانزيمات المحللة للبروتينات فى الأمعاء الدقيقة والمتبقى غير المهضوم يخرج فى الروث، وبالتالى تستهلك البقرة الحلابة بروتين العلف بثلاثة مقادير /مصادر Three fates

١- تخمر في شبكية الكرش reticulo rumen بميكروبات الكرش.
٢- تحلل انزيمي في الأمعاء الدقيقة.
٣- اخراج البروتين غير المهضوم في الروث.

تحلل بروتين الكرش:Ruminal Protein Degradation

ميكروبات الكرش، خاصة البكتريا، تحلل معظم بروتين العليقة الداخل إلي الكرش، ومع ذلك ، بعض بروتينات العليقة سوف تهرب من الكرش بدون تحلل will escape ruminal degradation (RUP). بعض RUP تهضم في الأمعاء الدقيقة بالانزيمات المحلة للبروتينات Proteolytic enzymes الناتجة من البنكرياس والامعاء وبعضه أو الباقى سيفرز في الروث ، الناتج النهائي لبروتين العليقة المتحلل في الكرش هي الامونيا والبروتين الميكروبي . الناتج النهائي لهضم RUP والبروتين الميكروبي في الأمعاء الدقيقة هي الأحماض الامينية.



شكل رقم (١٨)

خطوتان أساسيتان في تحلل البروتين في الكرش.

١- تحليل الروابط الببتيديه لانتاج ببيتدات وأحماض أمينية.
٢- إزالة مجموعة الأمين وتحلل الأحماض الامينية.

التحليل المائي : Hydrolysis

التحليل المائي للبروتين عملية متعددة الخطوات multi-step process حيث يذاب بروتين العليقة غير الذائب ويتحلل مائيا بواسطة انزيمات عديدة من خارجية exo-peptidases وداخلية endo والتي تكسر الروابط البيتدية فى سلسلة الاحماض الامينية المكونه للبروتينات which cleave the peptide bonds. يحدث التحليل المائي للبيتدات خارج الخلايا extracelluarly بواسطة انزيمات التحليل للبروتينات Proteolytic enzymes المصاحبة لبكتريا الجدار الخلوي. عديد من انزيمات تحليل البروتينات Protease enzymes التي تنتج بميكروبات الكرش تكون في طبيعتها trypsin – like ومن المعروف أن فعالية التحليل البروتيني Proteolytic activities في الكرش يمكن أن تقل بواسطة مثبطات التربسين. تمتص البتيدات الحرة والأحماض الأمينية بسرعة بميكروبات الكرش وتستخدم كما هي أو يحدث لها عملية إزالة مجموعة الأمين deaminated باستخدم بكتريا لا يدخل في تركيبها الكربوهيدرات Non structural carbohydrate bacteria البيتدات والأحماض الأمينية كمصادر نيتروجينية.

عملية إزالة مجموعة الأمين : Deamination

التمثيل الغذائي للأحماض الأمينية هي الخطوة التالية في تحليل البروتين بميكروبات الكرش . الناتج النهائي الرئيسي لازالة مجموعة الأمين في الأحماض الأمينية هي الأمونيا . الناتج الهام لازالة الأمين في الحامض الأميني هو الأحماض الدهنية الطيارة المتفرعة branched chain VFA التي تساعد وتشجع نمو بكتريات تحليل السليلوز Cellulotic bacteria. ناتج الامونيا من ازالة الأمين في الأحماض الأمينية يستخدم بواسطة بكتريا يدخل في تركيبها الكربوهيدرات المركبة Structural carbohydrate bacteria كمصدر للنيتروجين.

التمثيل الغذائي لليوريا : Metabolism of Urea

تتكسر اليوريا بسرعة في الكرش إلي الأمونيا بانزيم اليوريز. هذه الفعاليه تشترك مع التكوين الميكروبي للأمونيا لتستطيع المجترات أن تستخدم اليوريا الداخلة في الكرش اما مع الغذاء/العلف أو في افرازاللعاب Salivary secretion. إعادة تدوير اليوريا فى الدم إلي الكرش تسمح للحيوانات المجترة أن تحيا علي علائق منخفضة جدا في النيتروجين .

كمية يوريا الدم المعاد تدويرها إلي الكرش تعتمد علي تركيز الأمونيا في الكرش وتركيز يوريا البلازما. يدخل يوريا البلازما في الكرش مع اللعاب او بالانتشار خلال جدار الكرش. تلتصق الميكروبات بالسطح المبطن للكرش Microbes adhering to the ruminal epithelium وهذه الميكروبات لها القدرة علي انتاج انزيم اليوريز. الانزيم اللازم لتحليل اليوريا وتمر خلال جدار الكرش فى صورة أمونيا، وثاني أكسيد الكربون. المستويات العالية لأمونيا الكرش تقلل إعادة التدوير بتثبيط فعالية/نشاط إنزيم اليوريز عملاً بقانون التغذية الخلفية feed-back. إعادة تدوير نيتروجين اليوريا مفيد فقط إذا اتحدت لتكوين البروتين الميكروبي. اتحاد النيتروجين المعاد تدويره recycled nitrogen إلي بروتين ميكروبي بسبب تدفق نيتروجين الاثني عشر duodenal nitrogen flow ليفوق النيتروجين المستهلك عندما يكون مستوي البروتين في العليفة منخفض.

امتصاص/تمثيل الأمونيا :Ammonia assimilation

الامونيا هي أهم مصدر نيتروجين لتكوين البروتين الميكروبي في الكرش. الخطوة الأولي في امتصاص واستهلاك uptake الامونيا أن يتم النقل عبر غشاء الخلية. الجلوتامات Glutamate هي أول حامض أميني في عملية تمثيل الأمونيا. بمجرد تثبيت النيتروجين في مركب مناسب مثل حمض الجلوتاميك، يحدث تكوين الحامض الأميني فى وجود الامونيا من الطاقة المتاحة ومصادر الكربون. يتحول الزائد من الأمونيا بعد تكوين البروتين ميكروبي إلي يوريا في الكبد. معظم اليوريا سوف تفرز في البول، وبعضها يعاد تدويرها خلال اللعاب.

هضم البروتين في الأمعاء الدقيقة: Protein digestion in the small intestine

النيتروجين الداخل في الأثني عشر عبارة عن خليط من البروتين الميكروبي microbial protein وبروتين غير متحلل undegraded protein وبروتين التمثيل الداخلي endogenous protein. النيتروجين الداخل في الأمعاء الدقيقة من المعدة يتراح من ٣٩ الي ١٠٠% بروتين ميكروبي ، صفر – ٧٠% بروتين غير متحلل.

هضم البروتين في المنفحة / المعدة الرابعة للحيوان المجتر abomasum والامعاء الدقيقة small intestine في المجترات مشابهة لما يحدث في الحيوانات ذات المعدة الواحدة. يتم هضم البروتين في المنفخة أساسا بانزيم البيسين في ظروف حامضية جدا pH 2 . معادلة الكتلة المهضومة بصورة بطيئة في الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة تساعد فى مد فعالية ونشاط انزيم الببسين المعدة الرابعة (المنفحة) ولكن تؤثر فى بداية onset فعالية/نشاط انزيمات الأمعاء الدقيقة.

الفعالية المثالية/القياسية لانزيم التربسين والكيموتريبسن والكاربوكسا ببتديز لا تتم حتي الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة middle jejunum. النشاط الأقصي لانزيم اوكسى بيتديز ، داي بيتديز (الببتيديز الثنائي) dipeptidases، البيتيديز الخارجي exopeptidases في منتصف اللفائفي/الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة mid ileum. وبمعنى آخر تستخدم البكتريا الكربوهيدرات غير المركبة مع الببتيدات والأحماض الامينية كمصادر نيتروجينيه لتكوين المزيد من البروتين الميكروبي. المميزات/الخصائص الفريدة للمجترات هي الإفراز الزائد من ريبونيوكليز البنكرياس Pancreatic ribonuclease وأهمية دور هذا الإنزيم هو تحرير فوسفور الحامض النووي لأعادة تدويره في الكرش خلال اللعاب.

امتصاص الأحماض الأمينية والبيتيدات : Absorption of amino acids and peptides

أكثر المواقع النشطة لامتصاص الاحماض الأمينية والبيتدات هي اللفائفي وهي الجزء الأوسط إلي الأخير من ileum هناك امتصاص مميز أوتفضيلي preferential absorption للأحماض الأمينية الأساسية وغير الأساسية من الكتلة المهضومة خلال تدفقها الى الأمعاء الدقيقة. يحدث الاختلافات في الامتصاص ايضا خلال مجموعتين من الأحماض الأمينية. مثال:امتصاص الليسين والهستدين أعلي من امتصاص الليوسين والفينايل الانين.

إحتياجات الأبقار الحلابة من البروتين: Protein Requirement of dairy cows

الهدف من تغذية البروتين للأبقار الحلابة :

١- إمداد كميات كافية من البروتين القابل للتحلل فى الكرش ruminal degradable protein (RDP) لزيادة تكوين بروتين الكرش الميكروبي reuminal microbial protein.

٢- جزء من البروتين غير القابل للتحلل فى الكرش Ruminal Undegraded Protein (RUP) الذي سيضبط البروفيل Optimize the profile ويجعله مثالياً وكمية الأحماض الأمينية الممتصة. الأحماض الأمينية وليس البروتين نفسه per se هي العناصر الحيوية التي تحتاجها الأبقار الحلابة لحفظ الحياة والنمو والتناسل وإدرار اللبن.

وطبقا NRC ١٩٨٩ فإن احتياجات الابقار الحلابة من البروتين يعبر عنه بالبروتين الخام، البروتين المستهلك القابل للتحلل degradable intake protein والبروتين المستهلك غير المتحلل undegraded intake protein. قدر عدد من الباحثين احتياجات البروتين الخام الذائبsoluble crude protein حديثا كما يوضح بالجدول رقم (٣٤).

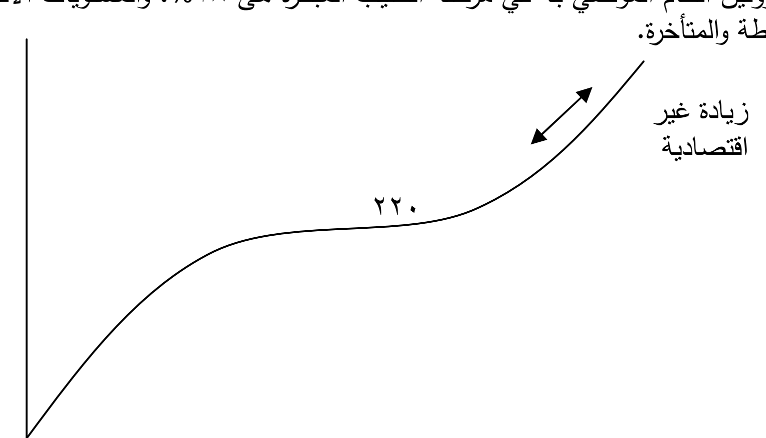
جدول رقم (٣٤) : Protein requirements for lactating dairy cows

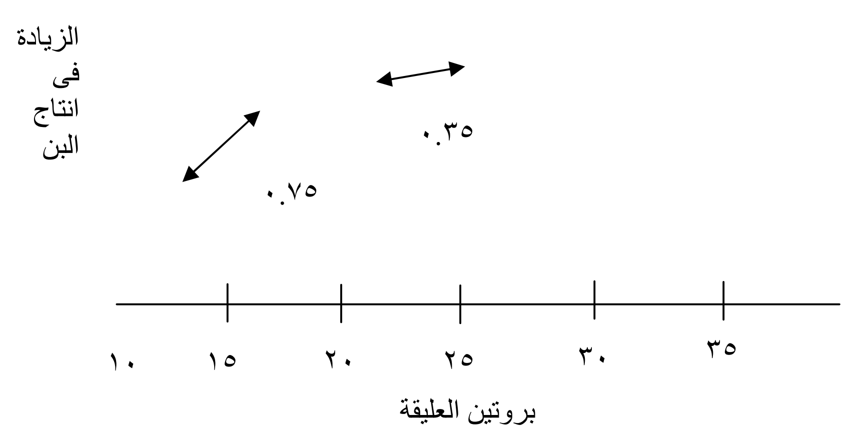
	Stage of lactation		
	Early	Mid	Late
Crude protein (CP)	17-19	15-16	13-15
Ruminal degradable protein (% CP)	65-60	70-65	75
Ruminal undegraded protein (% CP)	35-40	30-35	25
Soluble protein (% CP)	25-33	25-35	25-43

NRC, 2001 الحديثة تحتوي احتياجات البروتين الخام reuminal CP Ruminal Degraded Protein (RDP) Ruminal Undegraded Protein (RUP), للسلالات الصغيرة والكبيرة من الأبقار الحلابة عند مستويات انتاج مختلفة (غير متاحة/مذكورة في NRC القديمة).

احتياجات البروتين الخام:Requirements of crude protein

زيادة محتوي العليقة من البروتين الخام يؤدي الى زيادة فى انتاج اللبن milk yield في صورة متناقصة تربيعية Quadratic، وبزيادة محتوي البروتين الخام من ١٥-١٦% يتوقع زيادة انتاج اللبن بمتوسط ٠.٧٥ كيلو جرام/اليوم وزيادة البروتين الخام من ١٩-٢٠% يتوقع معها زيادة انتاج اللبن ٠.٣٥كيلو جرام/اليوم. رغم أن انتاج اللبن قد يزيد بالتغذية علي علائق تحتوي مستويات عالية جدا من البروتين الخام ، إلا أنه يجب مقارنة التكاليف الاقتصادية والبيئية مع العلائق ذات محتوي بروتين خام أقل . متوسط مستوي البروتين الخام الموصي به في مرحلة الحليب المبكرة هى ١٨%، والمستويات الأقل يجب التغذية عليها خلال فترة الحليب المتوسطة والمتأخرة.





شكل رقم (١٩) : Quadratic response curve

احتياجات البروتين القابل للتحلل: Requirement of degradable protein

يستخدم البروتين المتحلل/المتكسر كمصدر النيتروجين بميكروبات الكرش ، ينقسم البروتين المتحلل علي أساس معدل التحلل/ التكسير في الكرش:

١- بروتين يتحلل بسرعة (بروتين ذائب).
٢- بروتين يتحلل بدرجة متوسطة.
٣- بروتين يتحلل ببطيء.

يتاح الروتين الذي يتحلل بسرعة للأستخدام الميكروبي بمجرد دخوله الكرش . إذا كانت كمية البروتين الذائب أكبر من كمية البكتريا التي تستخدمة ، سيتم امتصاص النيتروجين الزائد خلال جدر الكرش ويعاد تدويره أو يفرز خارجيا ، لهذا ، كمية البروتين الذائب في علائق الأبقار الحلابة العالية الانتاج لابد أن تكون حول ٣٠% من البروتين الخام في العليقة . يجب التغذية علي المستويات العالية للبروتين الذائب مع مصادر مختلفة من الكربوهيدرات (غير الألياف) للتأكد من إتاحة كافية للطاقة لنمو البكتريا ، والمتبقي من البروتين المتحلل سيكون متاحا لبكتريا الكرش فقط بعد افراز البكتريا انزيمات تحلل البروتينات . التغذية علي مصادر بروتينية عديدة سوف تساعد على امتداد التحلل وبالتالي فإن إتاحة البروتين المتحلل يؤدى إلى نمو بكتريا الكرش، تقترح NRC ٢٠٠١ الحديثة أن انتاج أعلي انتاج لبن وأيضا انتاج أعلي بروتين لبن يحدث عندما يكون RDP ١٢.٢% من المادة الجافة للعليقة.

احتياجات البروتين غير القابل للتحلل في الكرش: Requirements of ruminal undegraded protein

تحتاج الأبقار عالية الانتاج بروتين كلي يزيد من انتاج كمية البروتين الميكروبي. علائق هذه الابقار عالية الانتاج يجب أن تشمل مصدر أو مصادر بروتين الكرش غير المتحلل. هذه ممكن أن تكون بروتينات معاملة حراريا Heat treated proteins (فول الصويا المعامل حراريا)، متخلفات التقطير distiller's by-products، مصادر بروتين حيواني (مسحوق الريش ، مسحوق الدم) وعلي غير البروتين المتحلل، فإن RUP المقاوم للهجوم الميكروبي في الكرش ولكن يكون متاحا للهضم في الأمعاء الدقيقة. استجابة الأبقار الحلابة للمستويات العالية من RUP يكون متناقض inconsistent، فبينما أوضحت بعض الدراسات زيادة محصول اللبن الكلي وأيضا البروتين، الا أن معظم الدراسات وجدت أن الأبقار الحلابة لاتستفيد من مصادر RUP مثل كسب البذور الزيتية المعاملة حراريا. Heated oilseed meals

مصادر البروتين للأبقار الحلابة: Protein Sources for dairy cows

يعتبر البروتين أكثر العناصر الغذائية تكلفة في علائق الأبقار الحلابة، وتقسم مصادر البروتين علي أساس نوع النيتروجين The type of nitrogen.

١-مصادر نيتروجين غير بروتيني.
٢-مصادر بروتين قابل للتحلل فى الكرش.
٣-مصادر بروتين غير قابل للتحلل فى الكرش.

١-مصادر نيتروجين غير بروتيني Sourses for non-protein nitrogen

تعتبر اليوريا أو مركبات الأمونيوم المصدر الأساسي/الرئيسي للنيتروجين غير البروتيني، وتحتوي اليوريا ٤٦% نيتروجين قادرة على انتاج (٤٦ x ١٠٠ / ١٦) ٢٨٧% بروتين خام ونتيجة ذوبانها بدرجة عالية جدا في الكرش ، فإن مستوي اليوريا الممكن وجوده في عليقة البقر الحلاب يكون صغير. يمكن أن تضاف اليوريا لعلائق الأبقار الحلابة عندما يقل محتوي البروتين الذائب فى أعلاف مثل السيلاج عالي الذرة high corn silage أو علائق اساسها علف/مرعي عشب بقولي منخفض الجودة Low quality legume – grass forage – based rations. كمية اليوريا المضافة يجب الا تزيد عن ثلث بروتين العليقة الكلي CP ويجب تحديد اليوريا الى ١٠٠–١٥٠ جرام/اليوم/للرأس ويعتبر العلف، خاصة السيلاج، مصدرا ممتازا للنيتروجين غير البروتيني للأبقارالحلابة، خلال عملية السيلجه ensiling process، تحول البكتريا جزء كبير من البروتين في السيلاج الي نيتروجين غير بروتيني.

مصادر البروتين القابل للتحلل فى الكرش: Sources of ruminally degraded protein

تعتبر اكساب البذور الزيتية مثل كسب فول الصويا وكسب الكانولا المصدر الأساسيRDP للأبقار الحلابة، ونتيجة استساغتها العالية فمن الممكن لأكساب البذور الزيتية ان تخدم كمصدر وحيد للبروتين المضاف. كسب فول الصويا يعتبر مصدر البروتين الرئيسي للأبقار الحلابة. وهناك أنواع عديدة من كسب فول الصويا ممكن شرائها مثل كسب فول الصويا منزوع القشرة decupled dehulled soybean meal (48%CP) فول الصويا المحتوي على القشرة hull-containing soybean meal ويساهم بنسبة CP 45%. كذلك الحبوب (غير الذرة) في RDP تستعمل في علائق الأبقار الحلابة.

مصادر البروتين غير القابل للتحلل فى الكرش: Sources of ruminally undegraded protein

هذه المصادر تتحلل ببطيء في الكرش بإنزيمات تحليل البروتين الميكروبي ، ولهذا فإن جزء كبير من RUP تهرب من التحلل الميكروبي وتصبح متاحة للهضم الانزيمي في الأمعاء الدقيقة. مصادرRUP قد تكون نباتية أو حيوانية الأصل. يعتبر مسحوق اللحم والعظم، مسحوق السمك، مسحوق الريش أهم. مصادر RUP حيوانية الأصل، بينما البذور الزيتية المعاملة حراريا واكسابها هي أهم مصادرRUP نباتية الأصل. وتعتبر مصادر RUP أكثر تكلفة عن مصادر RDP ولكن من المعروف أن مصادر RUP حيوانية الاصل انها فى العادة قليلة الاستساغة.

جدول رقم (٣٥)

Protein fractions and ruminal degradable (RDP) and undegradable (RUP) protein content of various protein supplements

	CP	SCP (% CP)	NPN (% SCP)	RDP (%CP)	RUP (% CP)
Alfalfa hay	19	30	96	73	28
Alfalfa silage	19	50	100	77	23
Corn silage	9	45	100	69	31
Dry corn	10	11	70	40	60
High moisture corn	10	40.0	100	20	80
Barley	13	17	29	73	27
Oats	13	53	90	83	17
Soybean meal	55	20	55	65	35
Canola meal	42	32	65	72	28
Sunflower meal	26	30	37	74	26
Fishmeal	67	12	0	40	60
Feather meal	89	4	5	29	71
Blood meal	92	5	5	18	82

الإحتياجات الغذائية لماشية اللبن (*) :

الاحتياجات الغذائية الحافظة هى الاحتياجات التى تلزم لحفظ حياة الحيوان وتستخدم للقيام بالعمليات الحيوية دون التغير فى الوزن. وهي تحسب كما **يلي:**

١- الطاقة :

*- كل ١٠٠ كجم وزن حي يحتاج الى :

*- ٠.٥١ كجم معادل نشا (الجاموس).

*- ٠.٥٨ كجم معادل نشا (الأبقار).

٢- البروتين :

*- كل ١٠٠ كجم وزن حي (أبقار او جاموس) يحتاج الى٥٠ جم بروتين مهضوم.

٣- العناصر المعدنية :

*- كل (و)٠.٧٥ يحتاج الى ١.٧ جم كالسيوم ويمثل الاحتياج من الفوسفور ٨٠% من قيمة الكالسيوم.

٤- الفيتامينات :

*- كل ١ كجم وزن حي يحتاج الى :

*- ٤٢ وحدة دولية من فيتامين A.

*- ٦.٦ وحدة دولية من فيتامين D.

جدول رقم (٣٦) : معادلات لحساب الاحتياجات من الطاقة و البروتين (NRC, 2001) للابقار الحلابة

Maintenance	NE_m (Mcal) = 0.080 x $BW^{0.75}$
MilK	NEL (Mcal /kg of milk) = 0.360 - 0.0969 x fat %
Work	0.00045 kg BW× Km / day + 0.0012 × kg BW+ 0.006 ×kg BW if pasture is ,, hilly,,
Pregnancy	0.46 × (0.00318 × Days Pregnant) - 0.0352) × Calf Birth Wt / 0.14
Body reserves	(9.4 × kg fat gain + 5.6 × kg protein gain) × 0.85 if gain or 0.82 if l oss
Growth	5.67 × kg BW gain $^{1.097}$ × (BW $^{0.75}$/ mat BW $^{0.75}$) / 0.7
METABOLIZABLE PROTEIN REQUIREMENT إحتياجات البروتين القابل للتمثيل	
Maintenance	(0.0002 × BW $^{0.6}$ × 0.00275 × BW $^{0.5}$) / 0.67 (scurf + urinary)
Metabolic fecal	0.03 × DMI −(0.125 ×0.64 MCP)
Gut proteins	0.4 × BW $^{0.6}$ × 0.00275 × BW $^{0.5}$) / 0.67
Milk	Kg milk ×% true protein / 0.67 { TP = 0.93 x CP }
Pregnancy	(0.00069 × Days Pregnant - 0.0692) ×Calf Birth Wt / 0.33
Body reserves	Protein gain / 0.492 if gain or 0.67 if loss (Protein gain depends on BW and body condition).
Growth	Gain × 0.0294 -0.0249× Retained energy / Gain)
Work	Non
National Research Council (NRC). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.	

(*) المصدر : أعداد د.على محمد على مصطفى – مدرس تغذية الحيوان – قسم الإنتاج الحيواني – كلية الزراعة – جامعة القاهرة.

إحتياجات الماشية الحلابة البلدية [*]

(١) العليقة الحافظة :

الابقار ٠.٥٨ كجم معادل نشا + ٥٠ جم بروتين مهضوم.

الجاموس ٠.٥١ كجم معادل نشا + ٥٠ جم بروتين مهضوم.

(٢) العليقة الحافظة :

*- كل ١ كجم لبن (بقرى أو جاموسي) معدل **يحتاج الى :**

*- ٠.٢٦ كجم معادل نشا.

*-٧٢ جم بروتين مهضوم.

*- ٢.٧ جم كالسيوم و ١.٨ جم فوسفور.

***- تعديل نسبة الدهن فى اللبن الى ٤% :**

F.C.M = ٠.٤ م + ١٥ س. كمية اللبن، نسبة الدهن ٤%.

***- أفضل وزن لذبح العجول :**

١٨٠ – ٢٠٠ كيلو جرام وفي مصر يتم الذبح على ٤٠٠–٥٠٠ كيلو جرام.

الاحتياجات الغذائية لماشية اللحم

جدول رقم (٣٧) :

العنصر	احتياجات حافظة (و)٠.٧٥	احتياجات العليقة الانتاجية	
		نمو فقط (١كجم)	نمو + تسمين (١كجم)
الطاقة	٠.٠٢٥ كجم م.ن	*- ٢ كجم م.ن (حيوانات صغيرة حتى عمر ٦ شهور). *- ٢.٥ كجم م.ن (حيوانات فى منتصف العمر من ٦–١٢ شهر). *- ٣ كجم م.ن (حيوانات قاربت على تمام النمو ١٢–١٨ شهر).	*- ٢.٥ كجم م.ن (بداية التسمين). *- ٣ كجم م.ن (منتصف التسمين). *-٤ كجم م.ن (نهاية التسمين).
البروتين	١.٧٥ جم بروتين مهضوم	٢٠% من الطاقة الانتاجية	٢٠ % من الطاقة الانتاجية

[*] المصدر : كتاب د. أحمد غنيم ١٩٦٧.

جدول رقم (٣٨): [*]Net energy requirements of growing and finishing beaf cattle (Mcal/d) (from 1984 NRC on beaf)

Body Weight kg.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
NEm Required:	3.30	4.10	4.84	5.55	6.24	6.89	7.52	8.14	8.75	9.33
Daily gain, kg	**NEg Required**									
Medium-frame steer calves										
0.2	0.41	0.50	0.60	0.69	0.77	0.85	0.93	1.01	1.08	
0.4	0.87	1.08	1.28	1.47	1.65	1.82	1.99	2.16	2.32	
0.6	1.36	1.69	2.00	2.29	2.57	2.84	3.11	3.36	3.61	
0.8	1.87	2.32	2.74	3.14	3.53	3.90	4.26	4.61	4.95	
1.0	2.39	2.96	3.50	4.02	4.51	4.98	5.44	5.89	6.23	
1.2	2.91	3.62	4.28	4.90	5.50	6.69	6.65	7.19	7.73	
Large-frame steers, compensating medium-frame yearling steers, and medium-frame bulls										
0.2	0.36	0.45	0.53	0.61	0.68	0.75	0.82	0.89	0.96	1.02
0.4	0.77	0.96	1.13	1.30	1.46	1.61	1.76	1.91	2.05	2.19
0.6	1.21	1.50	1.77	2.03	2.28	2.52	2.75	2.98	3.20	3.41
0.8	1.65	2.06	2.43	2.78	3.12	3.45	3.77	4.08	4.38	4.68
1.0	2.11	2.62	3.10	3.55	3.99	4.41	4.81	5.21	5.60	5.98
1.2	2.58	3.20	3.78	4.34	4.87	5.38	5.88	6.37	6.84	7.30
1.4	3.06	3.79	4.48	5.14	5.77	6.38	6.97	7.54	8.10	8.64
1.6	3.53	4.39	5.19	5.95	6.68	7.38	8.07	8.73	9.38	10.01
Large-frame bull calves and compensating large-frame yearling strees										
0.2	0.32	0.40	0.47	0.54	0.60	0.67	0.73	0.79	0.85	0.91
0.4	0.69	0.85	1.01	1.15	1.29	1.43	1.56	1.69	1.82	1.94
0.6	1.07	1.33	1.57	1.80	2.02	2.23	2.44	2.64	2.83	3.02
0.8	1.47	1.82	2.15	2.47	2.77	3.06	3.34	3.62	3.88	4.15
1.0	1.87	2.32	2.75	3.15	3.54	3.91	4.27	4.62	4.96	5.30
1.2	2.29	2.84	3.36	3.85	4.32	4.77	5.21	5.64	6.06	6.47
1.4	2.71	3.36	3.97	4.56	5.11	5.65	6.18	6.68	7.18	7.66
1.6	3.14	3.89	4.60	5.28	5.92	6.55	7.15	7.74	8.31	8.87
1.8	3.56	4.43	5.23	6.00	6.74	7.45	8.13	8.80	9.46	10.10
Medium-frame heifer calves										
0.2	0.49	0.60	0.71	0.82	0.92	1.01	1.11	1.20	1.29	
0.4	1.05	1.31	1.55	1.77	1.99	2.20	2.40	2.60	2.79	
0.6	1.66	2.06	2.44	2.79	3.13	3.46	3.78	4.10	4.40	
0.8	2.29	2.84	3.36	3.85	4.32	4.78	5.22	5.65	6.07	
1.0	2.94	3.65	4.31	4.94	5.55	6.14	6.70	7.25	7.79	
Large-frame heifer calves and compensating medium-frame yearling heifers										
0.2	0.43	0.53	0.63	0.72	0.81	0.90	0.98	1.06	1.14	1.21
0.4	0.93	1.16	1.37	1.57	1.76	1.95	2.13	2.31	2.47	2.64
0.6	1.47	1.83	2.16	2.47	2.78	3.07	3.35	3.63	3.90	4.16
0.8	2.03	2.62	2.98	3.41	3.83	4.24	4.63	5.01	5.38	5.74
1.0	2.61	3.23	3.82	4.38	4.92	5.44	5.94	6.43	6.91	7.37
1.2	3.19	3.97	4.69	5.37	5.03	6.67	7.28	7.88	8.47	9.03

[*]Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rd ed. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

جدول رقم (٣٩): [*]Protein requirement of growing and finishing cattle (g/d) (from 1984 NRC on beaf)

Body Weight, kg.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Medium-frame steer calves										
Daily gain, kg										
0.2	343	399	450	499	545	590	633	675	715	
0.4	428	482	532	580	625	668	710	751	790	
0.6	503	554	601	646	688	728	767	805	842	
0.8	575	621	664	704	743	780	815	849	883	
1.0	642	682	720	755	789	821	852	882	911	
1.2	702	735	766	794	822	848	873	897	912	
Large-frame steer calves and compensating medium-frame yearling steers										
0.2	361	421	476	529	579	627	673	719	762	805
0.4	441	499	552	603	651	697	742	785	827	867
0.6	522	576	628	676	722	766	809	850	890	930
0.8	598	650	698	743	786	828	867	906	944	980
1.0	671	718	762	804	843	881	918	953	988	1021
1.2	740	782	822	859	895	929	961	993	1023	1053
1.4	806	842	877	908	938	967	995	1022	1048	1073
1.6	863	892	919	943	967	989	1011	1031	1052	1071
Medium-frame bulls										
0.2	345	401	454	503	550	595	638	680	721	761
0.4	430	485	536	584	629	673	716	757	797	835
0.6	509	561	609	655	698	740	780	819	856	893
0.8	583	632	677	719	759	798	835	871	906	940
1.0	655	698	739	777	813	849	881	914	945	976
1.2	722	760	795	828	860	890	919	947	974	1001
1.4	782	813	841	868	893	917	941	963	985	1006
Large-frame bull calves and compensating large-frame yearling steers										
0.2	355	414	468	519	568	615	661	705	747	789
0.4	438	494	547	597	644	689	733	776	817	857
0.6	519	574	624	672	718	761	803	844	884	923
0.8	597	649	697	741	795	826	866	905	942	979
1.0	673	721	765	807	847	885	922	958	994	1027
1.2	745	789	830	868	904	939	973	1005	1037	1067
1.4	815	854	890	924	956	986	1016	1045	1072	1099
1.6	880	912	943	971	998	1024	1048	1072	1095	1117
1.8	922	942	962	980	997	1013	1028	1043	1057	1071
Medium-frame heifer calves										
0.2	323	374	421	465	508	549	588	626	662	
0.4	409	459	505	549	591	630	669	706	742	
0.6	477	522	563	602	638	674	708	741	773	
0.8	537	574	608	640	670	700	728	755	781	
1.0	562	583	603	621	638	654	670	685	700	
Large-frame heifer calves and compensating medium-frame yearling heifers										
0.2	342	397	449	497	543	588	631	672	712	751
0.4	426	480	530	577	622	665	707	747	787	825
0.6	500	549	596	639	681	721	759	796	832	867
0.8	568	613	654	693	730	765	799	833	865	896
1.0	630	668	703	735	767	797	826	854	881	907
1.2	680	708	734	758	781	803	824	844	864	883

[*]Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rd ed. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

جدول رقم (٤٠): [*]Calcium and Phosphorus requirement of growing and finishing cattle (g/d) (from 1984 NRC on beaf)

Body Weight, kg.	Mineral	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Medium-frame steer calves											
Daily gain, kg											
0.2	Ca	11	12	13	14	15	16	17	19	20	
	P	7	9	10	12	13	15	16	18	19	
0.4	Ca	16	17	17	18	19	19	20	21	22	
	P	9	10	12	13	14	16	17	18	20	
0.6	Ca	21	21	21	22	22	22	22	23	23	
	P	11	12	13	14	15	17	18	19	20	
0.8	Ca	27	26	25	25	25	25	24	24	24	
	P	12	13	14	15	16	17	19	20	21	
1.0	Ca	32	31	29	29	28	27	26	26	25	
	P	14	15	16	16	17	18	19	20	21	
1.2	Ca	37	35	33	32	31	29	28	27	26	
	P	16	16	17	17	18	19	20	21	21	
1.4	Ca	42	39	37	35	33	32	30	29	27	
	P	17	18	18	19	19	20	20	21	22	
Large-frame steer calves, compensating medium-frame yearling steers, and medium-frame bulls											
0.2	Ca	11	12	13	14	16	17	18	19	20	22
	P	7	9	10	12	13	15	16	18	20	21
0.4	Ca	17	17	18	19	19	20	21	22	23	24
	P	9	10	12	13	15	16	17	19	20	22
0.6	Ca	22	22	23	23	23	24	24	24	25	25
	P	11	12	13	15	16	17	18	20	21	22
0.8	Ca	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	P	13	14	15	16	17	18	19	20	22	23
1.0	Ca	33	32	31	31	30	30	29	29	29	28
	P	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1.2	Ca	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30
	P	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24
1.4	Ca	44	42	40	38	37	36	34	33	32	31
	P	18	18	19	20	20	21	22	22	23	24
1.6	Ca	49	47	44	42	40	38	37	35	34	32
	P	20	20	20	21	21	22	22	23	24	24
Large-frame bull calves, compensating large-frame yearling steers,											
0.2	Ca	11	12	13	15	16	17	18	20	21	22
	P	7	9	10	12	13	15	17	18	20	21
0.4	Ca	17	18	19	19	20	21	22	23	24	25
	P	9	11	12	13	15	16	18	19	21	22
0.6	Ca	23	23	23	24	24	25	25	26	27	27
	P	11	12	14	15	16	18	19	20	22	23
0.8	Ca	28	28	28	28	28	29	29	29	29	30
	P	13	14	15	16	13	19	20	21	22	24
1.0	Ca	34	34	33	33	32	32	32	32	32	32
	P	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.2	Ca	40	39	38	37	36	36	35	35	34	34
	P	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1.4	Ca	45	44	42	41	40	39	38	37	36	36
	P	18	19	20	20	21	22	23	24	25	26
1.6	Ca	51	49	47	45	44	42	41	40	39	38
	P	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26
1.8	Ca	56	54	51	49	47	45	44	42	41	39
	P	22	22	22	23	23	24	25	25	26	26
medium-frame heifer calves											
0.2	Ca	10	11	12	13	14	16	17	18	19	
	P	7	9	10	11	13	14	16	17	19	
0.4	Ca	15	16	16	16	17	17	18	19	19	
	P	9	10	11	12	14	15	16	18	19	
0.6	Ca	20	20	19	19	19	19	19	19	19	
	P	10	11	12	13	14	16	17	18	19	
0.8	Ca	25	23	23	22	21	20	20	19	19	
	P	12	12	13	14	15	16	17	18	19	
1.0	Ca	29	27	26	24	23	22	20	19	19	
	P	13	14	14	15	16	16	17	18	19	
Large-frame heifer calves, compensating medium-frame yearling heifers											
0.2	Ca	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21
	P	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21
0.4	Ca	16	16	17	17	18	19	19	20	21	22
	P	9	10	11	13	14	15	17	18	20	21
0.6	Ca	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22
	P	10	12	13	14	15	16	17	19	20	21
0.8	Ca	26	25	24	24	23	23	23	22	22	22
	P	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1.0	Ca	31	29	28	27	26	25	24	23	23	22
	P	14	14	15	16	17	18	18	19	20	21
1.2	Ca	35	33	31	30	28	27	25	24	23	22
	P	15	16	16	17	17	18	19	20	20	21

[*]Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rded. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

جدول رقم (٤١): Approximate total daily intake of water in beef cattle (from 1984 NRC on beef)[(*)]

Weight		Temperature in ºF (ºC)[a]											
		40 (4.4)		50 (10.0)		60 (14.4)		70 (21.1)		80 (26.6)		90 (32.2)	
kg	ib	liter	gal	liter	gal	liter	gal	liter	gal	liter	gal	liter	gal
Growing heifers, steers, and bulls													
182	400	15.1	4.0	16.3	4.3	18.9	5.0	22.0	5.8	25.4	6.7	36.0	9.5
273	600	20.1	5.3	22.0	5.8	25.0	6.6	29.5	7.8	33.7	8.9	48.1	12.7
364	800	23.8	6.3	25.7	6.8	29.9	7.9	34.8	9.2	40.1	10.6	56.8	15.0
Finishing cattle													
273	600	22.7	6.0	24.6	6.5	28.0	7.4	32.9	8.7	37.9	10.0	54.1	14.3
364	800	27.6	7.3	29.9	7.9	34.4	9.1	40.5	10.7	46.6	12.3	65.9	17.4
454	1000	32.9	8.7	35.6	9.4	40.9	10.8	47.7	12.6	54.9	14.5	78.0	20.6
Wintering pregnant cows[b]													
409	900	25.4	6.7	27.3	7.2	31.4	8.3	36.7	9.7	-	-	-	-
500	1100	22.7	6.0	24.6	6.5	28.0	7.4	32.9	8.7	-	-	-	-
Lactating cows													
409+	900+	43.1	11.4	47.7	12.6	54.9	14.5	64.0	16.9	67.8	17.9	61.3	16.2
Mature bulls													
636	1400	30.3	8.0	32.6	8.6	37.5	9.9	44.3	11.7	50.7	13.4	71.9	19.0
727+	1600+	32.9	8.7	35.6	9.4	40.9	10.8	47.7	12.6	54.9	14.5	78.0	20.6

[a] Water intake of a given class of cattle in a specific management regime is a function of dry matter intake and ambient temperature. Water intake is quite constant up to 40 ºF (4.4 ºC).

[b] Dry matter intake has a major, influence on water intake. Heavier cows are assumed to be higher in body condition and to require less dry matter and, thus, less water intake.

[(*)] Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rded. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

الاحتياجات الغذائية للأغنام

جدول رقم (٤٢):

العنصر	حافظ (و)$^{٠.٧٥}$	٨ أساسبيع		٨ أسابيع أخيرة	
		حولي	توأم	حولي	توأم
الطاقة (م.ن)	٠.٠٢٨ كجم	١٤٥% من الحافظ ME	١٧٧% من الحافظ	٨٠% من الحافظ	١٤٥% من الحافظ
البروتين (ب.م)	٢.٤٧	٢٧جم/ميجا كالوري طاقة انتاجية	٣٠جم/ميجا كالوري طاقة انتاجية	٢٤جم/ميجا كالورى انتاجي	٢٧جم/ميجا كالوري انتاجي
كالسيوم	٠.١٤ (جم)	٢٧٥% من الحافظ	٣٢٥% من الحافظ	٤٢% من الحافظ	٢٧٥ من الحافظ
فوسفور	٩٤% من الكالسيوم	٦٢% من الكالسيوم الانتاجي		٩٠% من الكالسيوم الانتاجي	٦٢% من الكالسيوم الانتاجي

العنصر	نمو			حمل متأخر
	حوالي وحوليات استبدال	حوالي فطام مبكر	حوالي ذبح	
الطاقة (م.ن)	١١٢ × (و) ٠.٧٥ × (١ + ٥.٥ × معدل الزيادة اليومية كجم) احتياجات كلية			٨٠ % من الحافظ
البـــروتين (ب.م)	٢٤.٢٥جم/ميجا كالوي طاقة كلية ME	٤٢جم/ميجا كالوري طاقة كلية ME	٢٧.٢٥جم/ميجا كالوري طاقة كلية ME	
كالسيوم	١٠٠ جم نمو ←	←	٢.٥ جم كالسيوم	
فوسفور	الاحتياج الكلي من الفوسفور = ٦٠% من الكالسيوم الكلي			

الاحتياجات الغذائية للماعز

جدول رقم (٤٣):

العنصر	احتياجات جافظة (و)	النشاط الزائد		
		خفيف (تربية مكثفة – المناطق الحارة)	متوسط (فى المناطق الجافة والمرتفعة نسبياً)	عالي (فى المراعي الجبلية)
الطاقة (م.ن)	٠.٠٢٧ كجم	٢٥% من الحافظ	٥٠% من الحافظ	٧٥% من الحافظ
البروتين (ب.م)	٢.٨٢ كجم			
كالسيوم	٠.٢ جم	٢٥% من الحافظ	٣٠% من الحافظ	٤٠% من الحافظ
فوسفور	٩٤ % من الكالسيوم الحافظ	٧٠% من احتياجات الكالسيوم الانتاجية		

العنصر	حمل متأخر (آخر شهرين)	نمو	لبن (١كجم لبن ٤% دهن)
الطاقة (م.ن)	٠.٠٠٢ كجم/(و)$^{٠.٧٥}$	٠.٢ كجم / ١٠٠ جم نمو	٠.٣٣ كجم
البروتين (ب.م)	١.٩٧ جم /(و)$^{٠.٧٥}$	١٩.٥جم / ١٠٠ جم نمو	٤٦.٦ جم
كالسيوم	يضاف ٢ جم زيادة على الحافظ	١ جم / ١٠٠ جم نمو	٣ جم
فوسفور	٧٠ % من احتياجات الكالسيوم الانتاجية		

موسوعة الهضم الميكروبي في المجترات [*] :

Symposium on microbial digestion in ruminants

تمثيل النيتروجين في الكرش: Nitrogen Metabolism in the rumen

أجريت عديد من الدراسات الجيدة المتعلقة بموضوع تمثيل النيتروجين في الكرش، لذا تختص هذه الدراسة بتناول ميكانيكية تمثيل النيتروجين في المجترات بصورة أساسية لفهم هذا الموضوع. وقد أصبح واضحا أن تمثيل النيتروجين في المجترات يعتمد علي التمثيل المركب والمعقد للمركبات النيتروجينية بميكروبات الكرش. ويعتمد حفظ النشاط الطبيعي للميكروباتnormal microbial activity في الكرش علي أنشطة تمثيلية عديدة مصاحبة في المجترات وخلالها. ولتدارك بعض هذه العلاقات ، فقد ركزت هذه المقالة/الموضوع علي التفاعلات التي تحدث خلال الكرش وتمثيل النيتروجين مع توضيح خاص علي استخدام النيتروجين غير البروتيني الذي سيتم شرحه من خلال الموضوعات التالية:

(١) تحلل المركبات النيتروجينية في الكرش.
(٢) استخدام NPN بميكروبات الكرش.
(٣) تمثيل النيتروجين الممتص.

(١) تحلل المركبات النيتروجينية في الكرش:

1-Degradation of nitrogenous compound in the remen

***بروتين وأحماض امينية** : خلال تحليل محتويات الكرش تبين أن التحلل السريع للكازين والتحلل البطيء جدا لبروتين الذرة الزيين Zein يصاحبه تكوين الأمونيا والأحماض الدهنية وقد وجد أن الكازين المحتوي علي كربون ١٤ المشع C^{14} Labeled Casein المستخدم في الدراسات الميكروبية في الكرش in vitro تؤدي الي انطلاق احماض دهنية C^{14}-labeled fatty acids وامونيا وفي دراسات علي الانزيمات المحللة للبروتين في ميكروبات الكرش The proteolytic action of ramen micro-organisms ، وجد زيادة الأحماض الامينية الحرة عند إضافة التولوين في مخلوط التفاعل لتثبيط انزيمات ازالة الأمين deaminases والتي تسبب تحرر وانطلاق الأمونيا. وفي دراسة تقدير توزيع النيتروجين في محتوي الكرش باستخدام Fractionation Techniques أوضحت نشاط انزيمات تحليل البروتين الميكروبي بالكرش واستخدام نيتروجين غير بروتيني وغير الامونيا. كما أن Protealytic activity لكامل محتوي الكرش لا تتأثر بمحتوي العليقة من البروتين وأن البروتوزوا وكلا البكتريا الكبيرة والصغيرة أظهرت exhibited proteolytic activity وجزء صغير فقط من البكتريا المنعزلة/ المفصولة Isolated كانت proteolytic actively وقد عزلت ٢٧١سلالات بكتريا من سائل الكرش، ٢٨% فقط تعمل علي البروتين لانتاج الامونيا. تبين أن isolated Proteolytic microorganisms لا هوائية اختياريا Facultative anaerobes ولكن البكتريا اللاهوائية الكاملة/الملتزمة لاهوائي/إجباريا strict anaerobic bacteria تظهر activity proteytic وأكدت الدراسات ان البروتوزوا تحلل الكازين إلي بيتيدات وأحماض أمينية.

وتعمل متحللات الكازين (أو نواتج التحليل) casein hydrolysates علي washed rumen microorganisms لانتاج أمونيا وأحماض دهنية، بينما مخاليط الأحماض الأمينية تعمل بنفس الطريقه ومن بين٢٣حمض أميني تمت دراسته منفردا، حمض الاسبارتيك فقط نزعت مجموعة الأمين منه بسرعة أما حمض الجلوتاميك والسيرين والسستين والسستيئين والأرجنين ينزع مجموعة الأمين منها أكثر بطأ. هذه الأحماض الامينية تنزع مجموعة الأمين منها مع انتاج الاحماض الدهنية الطيارة. ولوحظ أن حمض الاسبارتيك أكثر سرعة في نزع مجموعة الأمين منه بواسطة خلايا بكتريا الكرش المغسولةwashed rumen bacterial cells من أي احماض امينية اخري.

وفي دراسات معملية in vitro علي ميكروبات الكرش لنزع مجموعة الأمين من البرولين والفالين والليوسين ومن الممكن تقسيم الاحماض الامينية الي ثلاث مجموعات طبقا لمعدلات نزع مجموعة الأمين بواسطة ميكروبات الكرش. إذا تم تحضين الالانين والبرولين معا مع خلايا بكتريا الكرش المغسول، تنتج أمونيا أكثر سرعة من

---

[*] George A.Mclaren, West Virginia Univ., Morgantown
Http://Jas.fass.org/content/23/2/577American Society of Animal Science www.asas. Org. J.Animal Sci.

* مراجعة أ.د. رضا على محمد علي – أستاذ غير متفرغ – قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة القاهرة.

تحضين كل واحد منهما علي حدة. ويقترح إمكانية حدوث تفاعل من نوعية stickland type التي تتضمن اكسدة ونزع الأمين oxidative deamination لأحد الحامضين الأمينين واختزال ونزع الأمين للحامض الأميني الآخر.

$$\text{L-Glutamic acid + NAD} \xleftrightarrow[\text{Dehydrogenase}]{\text{glutamic}} \text{Alphaketoglutaric acid+NAD } H_2\text{+}NH_4.$$

وقد أصبح احتمال حدوث تفاعلات Stickland type في نزع مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية بواسطة ميكروبات الكرش محل شك.
في تجارب علي تحلل الأحماض الأمينية من نوعين L-isomers لخمس أحماض أمينية بواسطة ميكروبات الكرش وجد أن انزيم decarboxylases تؤثر علي عملية نزع مجموعة الكربوكسيل لحمض الليسين الأورنتيين، وأيضا مجموعة الأمين الفا لهاذين الحامضين الأمينيين تزال بواسطة مبكروبات الكرش لانتاج مشتقات الامين للحمض الدهني المتطابق Corresponding amine derivative of the fatty acid. كما أن الترتبوفان ينتج الاندول Indol المطابق له. وقد وجد أن الأمينات تنتج من الأحماض الأمينية بعد التحضين مع سائل الكرش rumen liquor في وجود الجلوكوز.
بالنسبة لدراسات الحيوية in vitro لانتاج الامونيا في الكرش فهي تحدث بسرعة في حالة أحماض الاسبارتيك والجلوتاميك وبيتا الانين. احتمال سرعة نزع مجموعة أمين حمض الاسبارتيك بواسطة بكتريا الكرش قد تحدث كنتيجة لفعل إنزيمات متخصصه deaminase, aspirates وهذه من خلال ملاحظة ان المستخلصات الخالية من خلايا بكتريا الكرش Cell- free extracte of rumen bacteria.
تنزع مجموعةأمين حمض الاسبارتيك مع انتاج حمض الفيوماريك +الامونيا. وقد ثبت فعالية aspartase activity في البكتريا اللاهوائية اختياريا وليس في البكتريا اللاهوائية الملتزمة ويتم التفاعل عكسيا:

$$\text{L.Aspartic acid} \xrightarrow{\text{Aspartase}} \text{Fumaric acid + } NH_4^+$$

وبالرغم من عدم ثبوت حدوثه في ميكروبات كائنات الكرش، ألا أن نزع مجموعة أمين الجلوتامات خلال فعل NAD المرتبطة بانزيم جلوتاميك ديهيدروجينتز معروفه بحدوثها في كائنات اخري وهذا التفاعل العكسي قد يحدث بالمعادلة التالية:

$$\text{L-Glutamic acid + NAD} \xleftrightarrow[\text{Dehydrogenase}]{\text{glutamic}} \text{Alpha ketoglataric + } NH_4\text{acid+NAD}H_2 \text{ +}NH_4$$

حدوث هذا التفاعل الواسع فى مختلف الانسجة النباتية والحيوانية ينظر اليه كميكانيكية محتملة في نزع مجموعة أمين حمض الجلوتاميك أو إذا وجدت تركيزات عالية من أيونات الامونيوم ينتشر ويسود NAD المختزل والفاكيتوجلوتاريك، قد يصبح التفاعل عكسيا وقد تثبت الامونيا علي السلسلة الكربونية مع احتمالية وجود حمض الجلوتاميك في تفاعات نقل مجموعة الأمين. تنزع مجموعة الأمين للثريونين والسيرين بإنزيمات معينة deaminasأو قد تسمي أحيانا. dehydrases هذه الانزيمات التي تنشأ ويتحصل عليها من الأحياء الدقيقة في الكرش تحتاج بيريدوكسال فوسفات (VIT B_6) كقرين انزيم . نزع مجموعة الأمين الثريونين والسيرين تشمل ازالة عناصر الماء من ذرات الكربون الفا وبيتا، وهذه التفاعلات كلها تتضمن نزع الأمين من السيرين والثريونين كما يلي :

$$\text{L- Serine} \xrightarrow[\text{Deaminase}]{\text{Serine}} \text{pyruvic acid + NHA }_4 + H_2O$$

$$\text{L-Threonine} \xrightarrow[\text{Deaminase}]{\text{Threonine}} \text{Alpha ketobutyric acid} + NH_4 + H_20$$

اليوريا :urea

من الممكن ان تحل اليوريا محل جزء من البروتين في عليقة المجترات ، حيث تحلل الانزيمات The enzymatic degradation اليوريا الي أمونيا وثاني اكسيد الكربون بواسطة محتويات الكرش . رغم أن عديد من أنواع بكتريا الكرش اللآهوائيا اختياريا أظهرت فعاليةactivity ureolytic، هذه الفعالية محدودة ظاهريا بين البكتريا اللاهوائية. عديد من البكتريا المنتجة لانزيم اليوريز bacteria urease–preoducing موجودة في محتويات الكرش ، ويبدو أن انزيم اليوريز مهم في المجترات سواء تغذت علي علائق طبيعته أو صناعية. ومع ذلك، عديد من بكتريا streptococci non-ureolytic القادرة علي استخدام الآمونيا تم عزلها، معدل تحليل اليوريا في الكرش ٨٠ مللجم يوريا /١٠٠سم محتوي الكرش/ ساعة وهناك دليل من استثناء استبعاد امونيوم كاربامات كمركب وسطي في تحليل اليوريا بانزيم اليورينيز.

مركبات NPN غير اليوريا: PN Compounds other than urea

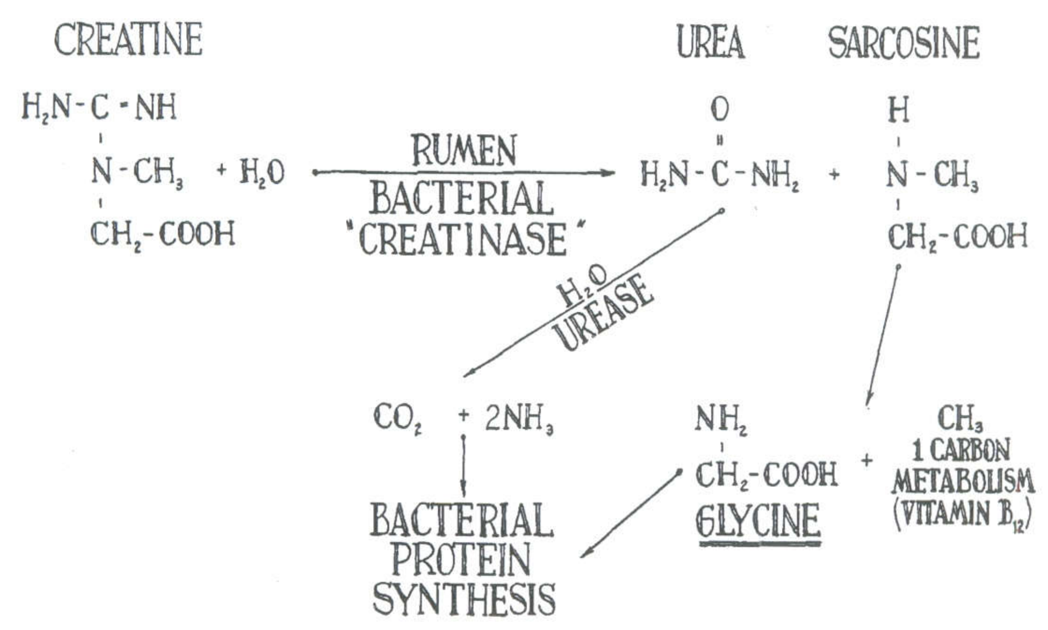
بسبب تحرر/انطلاق الامونيا السريع من اليوريا في الكرش، والاستخدام الفقير/الضعيف للنيتروجين في العلائق عالية تركيز اليوريا والتى قد تمثل خطورة سمية الحيوان The potential danger of toxicity حدث أو قللت من استخدام اليوريا في تغذية المجترات ولهذه الاسباب فإن مركبات NPN الأخري درست كبروتين أحلال محتمل في تغذية المجترات . من بين مصادر NPN العديدة مولاس القصب المنشدرةammoniateal cane molasses وكذلك نواتج صناعة الطحن المنشدرة ammoniated products of the milling industry وهي فقيرة الاستخدام.

وفي دراسة معملية in vitro علي الامونيا الحرة للنواتج المنشدرة هي فقط المستخدمة بواسطة ميكروبات الاجسام الدقيقة في الكرش. لاينطلق/لايتحرر النيتروجين المرتبط في المولاس المحول المنشدرة The bound nitrogen in amoniated invert molasses بميكروبات الكرش في الثور steer بعد فترة أقلمة adaptation period ١٢٣ يوم خلال فترة يكون فيها الثور يتغذي مركبات/نواتج منشدرة ammoniated product. من بين مركبات NPN الكثيرة التي تتغذي عليها الحملان فإن البيوريت Biuret بين هذه المركبات لها أقل تأثير علي مستوي نيتروجين الامونيا في الدم. ميكروبات الكرش لا يكون elaborate انزيمات معتمدة خاصة بتحليل مركبات NPN الكثيرة ، ولكن بعد تغذية الحملان بـ propionamide لفترة ٢–٣ اسابيع أدت الى تحسين استخدام الاميد. أوضحت الدراسات أن البيوريت والبيوريت الخام (مخلوط محتوي ٤٠% بيوريت، ٤٥.٥% يوريا، ٦.٧% ترورت triuret، ٧.٦% حمض سيانوريك Cyanuric acid، ٠.٣% ماء). تعتبر مصادر مرضية وكافية للنيتروجين المضاف لتسمين الاغنام وغير سام، ومع ذلك أوضحت دراسات in vitro أن البيوريت لا تستخدم كمصدر غير سام للنيتروجين لميكروبات الكرش. البيوريت الخام لا يسبب أعراض تسمم did not induce toxic symptoms في الحملان والثيران ، ولكن هذا المصدر يعتبر محدود القيمة في تغذية المجترات، رغم أن الغنم يستخدم نيتروجين البيوريت مثل نيتروجين اليوريا .

أوضحت الدراسات أهمية السماح بوقت كافي للتغذية علي البيوريت لتكوين انزيمات تحلل البيوريت بواسطة ميكروبات الكرش . لوحظ تحسن في استخدام نيتروجين البيوريت الخام بالحملان بزيادةالفترة الابتدائية الي ٣٥ يوم. وفي دراسات أخري قدرت فترة الأقلمة ٤ – ٦ أسابيع وهي كافية لتحسين استخدام البيوريت بالحملان والعجلات الحلابة ، وهذا يوضح أهمية السماح بوقت كافي لضبط المجتمع الميكروبي بالكرش بمصدر NPN لتحليلها ويصبح النيتروجين متاح لتكوين البروتين الميكروبي.

مركب NPN أخر يمكن أن يكون واعد ومهم في الأحلال للبروتين المتكون في تغذية المجترات وهذا المركب هوالكرياتين creatine وثبت أن الكرياتين يستخدم مثل اليوريا ولكن في هذه الحالة تكون هناك حاجة لمصدر فيتامين ب١٢، ومن المعروف أن كل من فيتامين ب١٢، حمض الفوليك مطلوب ويحتاج إليهما في تمثيل مركبات ذرة الكربون الواحدة one-carbon compounds. الحاجة لاضافة فيتامين ب١٢، يرجع الي الكميات الكبيرة من مركبات ذرة الكربون الواحدة المتكونه في الكرش نتيجة تحليل الكرياتين. وكذلك اضافة فيتامين ب١٢ له علاقة

بهدم الكرياتين أكثر من التكوين غيرالكافي للفيتامين بواسطة فلورا الكرش، وقد وجد أن اضافة حامض الفوليك ولا فيتامين ب١٢ لا يؤدى الى تحسن استخدام النيتروجين بواسطة الحملان التي تتغذي علي علائق شبه نقيه semi-rations purified تحتوي يوريا كمصدر وحيد للنيتروجين المضاف. رغم ان الكرياتين يتم تحليلها بواسطة الانزيمات الميكروبية إلي يوريا ومركبات نيتروجينية أخري التي يعتقد أنها sarcosine والتي لم يستطيع التعرف او الاستدلال عليها. ومن خلال استخدامpaper chromatography أن الكرياتين تتحلل الي يوريا وساركوزين بواسطة الكائنات الدقيقة في الكرش ويتحلل الساركوزين الي جليسين وفورمالدهيد، وعلي هذا الآساس إن تحلل الكرياتين بالاحياء الدقيقة في الكرش قد يحدث كما في الشكل التالي.



شكل رقم (٢٠): Proposed pathway of creatine degradation in the rumen (Campbell, 1958)

امكانية استعمال الكرياتين كنيتروجين مضاف في تغذية المجترات يبدو انها تعتمد علي البطء المستمر في انطلاق الامونيا خلال التفاعلات كما هو موضح في الشكل السابق، وتبين ان انطلاق وتحرر الآمونيا من الكرياتين يتم خلال تفاعلية.

١-الهدم بواسطة الكرياتينيز creatinase.

٢-الهدم بواسطة اليوريز urease.

أذا افترض أن معدل التحويل العالي لليوريز يفوق معدل انزيم الكرياتتينز ، فإن معدل تحرر الامونيا سوف يعتمد علي معدل تكوين اليوريا خلال فعل الكرياتينيز علي الكرياتين. رغم ان داي أمونيوم فوسفات diammonium phosphate أظهر تأثير أقل علي PH الكرش ومستويات نتروجين امونيا الدم عن الكميات المكافئة من اليوريا ، استخدام النيتروجين من المصدرين لم يكن مختلفاً معنويا في الحملان.

(٢) استخدام نيتروجين الامونيا بواسطة ميكروبات الكرش:

(2)The utilization of ammonia uitrogen by rumen microorganisms:

الطريقة التي تحرر نيتروجين الامونيا والتي تستخدم في تكوين الاحماض الأمنية بواسطة الامعاء الدقيقة في الكرش غير مفهومة ، تكوين عشر أحماض امينية أساسية في كرش الغنم والماعز التي تتغذي علي علائق تحتوي يوريا كمصدر وحيد في النيتروجين قد ثبت علميا في دراسة حيوية in vivo وعلي اساس المعلومات المتاحة علي تكوين الأحماض الامينية بواسطة الانسجة الحيوانية والبكتريا، يبدو محتملا أنه في وجود الامونيا وحمض كيتوني مثل الفاكيتوجلوتاريك تستطيع ميكروبات الكرش تكوين حمض جلوتاميك من خلال النشدرة المختزلةreductive animation وفي وجود كثير من الأحماض الكيتونية التي تشمل حمض البيروفيك وحمض الفاكيتوجلوتاريك في سائل الكرش يقدم تأكيداً لهذه الرؤية. على هذا الاساس يكون تكوين أحماض أمينة أخري

متوقع الحدوث خلال تفاعلات نقل الأمين ووجود حمض كيتوني مناسب وجلوتامات، وهناك ثمة دلائل علي نشاط وفعاليه انزيم الترانساميز transaminase activity لسائل الكرش rumen fluid.
تحتاج البكتريا المحللة للسيلولوز مثل cellulolytic rumen bacterium rumino-coccus flavefaciens أما isolvalerate أو isolbutyrate للنمو، ولكن لوحظ أن caproate 2-ketoiso 2-ketoisovalerate, أو ليوسين leucine لاتساعد علي النمو، هذا الميكروب فشل في احتواء leucine labeled في البروتين، ولكن labeled isovalerate or isobutyrate تتحول الي C_{14}-labeled leucine. وقد عبر عدد من الباحثين عن الاعتقاد بأن هذه المركبات تمتص بسرعة بواسطة خلايا البكتريا ، بينما الليوسين ومشابهة أو نظيره الكتيو its keto analog ليست كذلك ومن الواضح أن أى من isolvalerate أو isolbutyrate يتم الحاجة اليهما بسبب عدم قدرة الميكروب علي تكوين مجموعات isopropyl groups.
بالرغم من أن الأحماض الامينية الكبريتية هي وحدات تركيبية Structural units لميكروبات الكرش مثل بروتينات انسجة المجترات، هناك دليل واضح علي أن احتياجات هذه الاحماض الامينية ممكن تغطيتها خلال قدرة ميكروبات الكرش على استخدام الكبريت غير العضوي في تكوين السيستين، الستئين والميثونين، فقد ذكر أن الحملان التي تتغذي علي علائق تحتوي يوريا كمصدر وحيد للنيتروجين وكبريت غير عضوي كمصدر وحيد للكبريت قادرة على انتاج نمو طبيعي للصوف. وقد وجد أن اضافة. Labeled sulfur للعليقة أدى الى ظهور سيستين الصوف.
تغذية الماعز الحلابة علي S^{35} في صورة صوديوم سلفات أظهره في السسيتين والميثونين في بروتينات اللبن ، ووجد أيضا أن S^{35} يرتبط مع ميكروبات الكرش في الغنم. وأن S^{35} في صورة سلفات عضوية تكون سيستين أكثر سرعة من تكوينها الميثونين ويتم اختزال السلفات الى السلفيد sulfide عن طريق ميكروبات الكرش. ويعتقد ان السلفيد يستخدم في تكوين الأحماض الأمينية الكبريتية، ويفترض أن السلفيد تكون السستئين والسيستين أوالهوموسستيئن Homocystein وبالنسبة للميثونين يأتي من cystathionine أو خلال ميثله، Methylation of homocysteine.
لا يوجد معلومة عن قدرة المجتمعات الميكروبية في الكرش أنها قادرة على تكوين الأحماض الأمينية من نيتروجين الأمونيا، ومع ذلك ، هناك دليل يوضح الحاجة الي بعض النيتروجين العضوي المضاف لتحقيق اعلي استخدام للنيتروجين . احتياجات النيتروجين لمعظم البكتريا المعزولة من الكرش ممكن تغطيتها بالأمونيا ولكن بعضها يحتاج الأحماض الأمينية، ويوجد دليل أن التنشيط النموقد يتم بالببتيدات peptides اضافة نيتروجين عضوي لعلائق عالية اليوريا قد تؤدي الي تطور مدي فعالية أنواع كبيرة من بكتريا الكرش broader spectrum of rumen bacteria بامدادها بالعناصر الغذائية التي تحتاجها بعض الأنواع الأكثر في متطلباتها The more fastidious species هناك احتمالية تحسين عام في تمثيل ميكروبات الكرش قد تحدث نتيجة فعالية virtue النيتروجين العضوي المضاف الذي يعطي معدل غير محدد للعنصر الغذائي anti-limiting nutrient.
اضافة الميثوين يحسن استخدام النيتروجين في الأغنام التي تتغذي علي علائق تمثل اليوريا ٤٠% من النيتروجين الكلي بها. اضافة المثيونين لا يسبب زيادة معنوية في استخدام النيتروجين في الحملان ، ومع ذلك الميثونين يزيد النمو in vivo growth لميكروبات الكرش، وقد وجد أن احلال ١٧% ، ١١% نيتروجين يوريا بكميات ١٧% مثيونين، ١١% وتربتوفان مماثلة نيتروجينيا، يحسن استخدام النيتروجين، في الحملان التي تتغذي علي علائق شبه نقيه والتي بها ٨٧% من النيتروجين الكلي فى صورة يوريا. تحسين استخدام النيتروجين نتيجة اضافة الميثونين بالرغم أن هذه العلائق بها كمية كافية من السلفات غير العضوية والموجودة في مخلوط المعادن.
فعالية مخلوط الببتيدات في تحسين استخدام النيتروجين للحملان التي تتغذي علي علائق تحتوي يوريا كمصدر وحيد للنيتروجين، تأكد عندما وجد أن احلال ٨% نيتروجين اليوريا مع كميات متكافئه نيتروجينيا من الكازين المتحلل انزيمياً يحسن استخدام النيتروجين، ويتوقف ذلك علي نوعية العلف الخشن المستخدم في التغذية rouphage fed فقد وجد أن الكازين المتحلل انزيميا فعال ونشط في تحسين استخدام النيتروجين عند التغذية علي علائق تحتوي قوالح الذرة corn cobs بينما يكون غير فعال/غير نشط عندما يكون تبن القمح هو مصدر العلف الخشن في العليقة.
في دراسات معملية in vitro أخري تأكد تكوين بروتين ميكروبي بالكرش من نيتروجين غير بروتيني بقياس كل من نقص/انخفاض النيتروجين غير البروتيني وبقياس الزيادة في النيتروجين المترسب precipitated nitrogen. زيادة البروتين الميكروبي(النيتروجين المترسب) وصلت الي أعلي قيمه خلال تسعة ساعات وغالبا خلال ٣ – ٦ ساعات وفي بعض القياسات

كانت أربعة ساعات. سبب فشل ميكروبات الكرش في استمرار تكوين البروتين في انظمة in vitro قد يكون راجعاً الي تراكم المنتجات النهائية المثبطة للتمثيل الغذائي، استخدام اغشية شبه منفذة Semi-permeable membranes اونظام التدفق المستمر a continuous flow system قد يحسن تكوين البروتين الميكروبي معملياً in vitro. وفي دراسة باستخدام N^{15}- labeled ammonium chloride في تكوين بروتين الكرش المبكروبي ، وجد أن قصر فترة التحصين (نصف ساعة) واستخدام البنسلين والكلوروتتراسيكلين والسلفانيلاميد تمنع احتمال استهلاك N^{15}- ammonia uptake نتيجة تضاعف الخلايا cell multiplication ولعل الزيادة في trichloracetic acid precipitated nitrogen ترجع الي زيادة في المواد المحتوية على نيتروجين مركب the complex nitrogen containing material مستقر بين الخلايا.

(٣) التمثيل الغذائي النيتروجيني الممتص:

(3)Metabolism of absorbed nitrogen:

لكي ندرك مفهوم التغذية الاساسية بالنيتروجين غير البروتيني NPN المأكول في المجترات يمكن القول أنه بعد تكوين البروتين الميكروبي من NPN الذي يتحل في المنفحة abomasum والقناة الهضمية وامتصاص الاحماض الامينية في الدم التي تحمل الي الانسجة والتي تستخدم لتكوين البروتينات ظاهريا عالية القيمة الحيوية، حيث أن تركيب الاحماض الأمينية الأساسية لبروتين الكرش الميكروبي يمكن مقارنته بالعديد من البروتنيات النباتية والحيوانية. عند تغذية الأحياء الدقيقة الجافة (بالكرش) في علائق الفيران ، وجدت القيمة الحيوية (B.V) للبروتين الميكروبي تتراوح بين ٨١ ، ٨٨%. تركيب الأحماض الامينية لبكتريا الكرش قد تختلف قليلا نتيجة تغيرات في العليقة فقط ، مشتملة التغذية علي علائق بها يوريا بمعدل ٥٧% من النيتروجين، حيث وجد أن تركيب الأحماض الامينية لبكتريا Isolated rumen streptocci وتركيب الاحماض الامين لسائل الكرش كانت متشابه ومتساوية مع تركيبة الاحماض الامينيه للكازين ، ويبدو ان العديد من الأنواع الميكروبية في الكرش تمنع تغيرات ملحوظه في القيمة الحيوية للبروتين وتجعلها متاحة للحيوان العائل بعد الهضم في الأمعاء ، ومع ذلك لوحظت تغيرات مميزة وواضحة في طبيعة المجتمعات الميكروبية البكتيرية لسائل الكرش في الغنم التي تغذت علي علائق نقيه تحتوي علي كميات كبيرة من اليوريا ، واكدت الدراسات أن التغذية علي علائق بها يوريا بتركيزات عالية تقلل القيمة الحيويه لكبتريا وبروتوزوا الكرش وعند عزل بكتريا بروتوزوا كرش الحملان تغذت علي علائق بها يوريا ٨٣% من النيتروجين الكلي ، وجد أن القيمه الحيوية لبكتريا وبروتوزوا الكرش عند تغذيتها في عليقة الفيران كانت ٦٨%، ٦٦% علي الترتيب، قد تخدم بروتوزوا الكرش لزيادة القيمة الحيوية لمخلوط المجتمعات في الكرش ، حيث القيمه الغذائية لتحضيرات البروتوزوا الجافة كانت أعلي للفيران من تحضيرات بكتريا الكرش ، ويرجع ذلك لتركيزات الاحماض الامينية الاساسية حيث كانت أعلي في البروتوزوا عن البكتريا.

عند استخدام ميزان اليتروجين كأساس في تقدير مدي استخدام اليوريا في المجترات ، عكس طرق أخري قد تستخدم لدراسة تمثيل النيتروجين في الكرش، فقد وجد أن النتائج المتحصل عليها من ميزان النيتروجين تعكس تغيرات في تمثيل نيتروجين الكرش وعلاقته بالتمثيل الغذائي فى جسم الحيوان كله. معظم تجارب تمثيل النيتروجين اجريت في محطة غرب فرجينيا في السنوات الحديثة ، وبعد فترة ابتدائية مدتها ١٠ ايام يتبعها من ٢ – ٧ مرات متتالية (كل مرة ١٠ أيام فترة جمع)، واستخدمت حملان تجارية تغذت علي علائق شبه نقيه semi-purified ration تحتوي حوالي ١.٦% نيتروجين، ثلثيه ٣/٢ (ثلثين) من اليوريا ، وكان الاستهلاك اليومي لمكونات العليقة التالية : تبن قمح مطحون ٤٠٠ جم، مولاس black strap molasses ١٧٠ جرام ، نشا الذرة ٧٦ جرام ، يوريا ١٨ جرام ، دكستروز ٣٣ جرام ، بروتين فول صويا نقي ١٣ جرام ، زيت ذرة ٢٩جرام ، مخلوط أملاح معدنية ٢٧ جرام ، مخلوط فيتامينات.

بالرغم أن استخدام فترات جمع متتاليةsuccessive collection periods قد تمت اساساً لدراسة التأثيرات السامة المحتملة، فانه لوحظ تحسن في احتجاز النيتروجين الممتص في الحملان بزيادة طول الفترة الزمنية لتغذيتها يوريا ومركبات نيتروجينية غير بروتينية أخري . وقد استخدمت تحليلات احصائية متضاعفة للأنحدار multiple regression analysis لقياس طبيعة العوامل المؤثرة علي استخدام النيتروجين في الحملان التي تغذت علي علائق شبه نقيه تحتوي يوريا.

استخدام النيتروجين المكافيء للنسبة المئوية لاحتجاز النيتروجين الممتص في الحيوان ، يتوقع قيمته من خلال المعادلة:

$$Y= 111.93 - 1.093 X_1 - 1.065 X_2 + 0.201 X_3 - 0.006 X_4.$$

هذه المعادلة تمثل انحدار النيتروجين المستخدم علي المتغيرات التالية:

X_1 = ---- النسبة المئوية لنيتروجين اليوريا في العليقة Percent of ration urea nitrogen.

X_2 = ---- النسبة المئوية للنيتروجين في العليقة Percent of ration nitrogen
X_3 = ---- طول الفترة الزمنية للتغذية علي اليوريا Length of time urea wsa fed.
X4 = سنة التجربة. Year of trail
وجد أن استخدام النيتروجين تأثر معنويا(P<0.01) بالنسبة المئوية لنيتروجين اليوريا (X_1) وطول زمن التغذية على اليوريا (X_3). ومن الممكن تبسيط معادلة الانحدار المتضاعف: Multi regression equation

$$Y=41.5+0.201 X3$$

وبإدخال متوسط قيم نسب نيتروجين اليوريا فى العليقة (X_1) ، ونسب نيتروجين العليقة (X_2) قد يتحسن استخدام النيتروجين ٠.٢٠١% وحدات يوريا /اليوم يتم تغذيتها لفترة ٥٠ يوم . هذا التحسن في استخدام النيتروجين كفعل طول الفترة الزمنية لتغذية اليوريا والتي يطلق عليها الاستجابة للأقلمة adaptation response .
وفي تجربة حديثة في West Virginia استخدمت اليوريا كمصدر وحيد للنيتروجين في علائق الحملان في تجارب تمثيل النيتروجين. حيث حل نيتروجين اليوريا محل جميع بروتين الصويا النقي في العليقة السابق تركيبها. وهذه العليقة قد تؤثر علي adaptation response واستخدمت معادلات انحدار متضاعف بنفس التغيرات السابقة مع اضافة متغير أخر وهو محتوي الطاقة المتاحة ، والمعادلة هي :

$$Y=-98.525 + 0.385 X_1 X 0.054 X_2 + 58.230 X_3+ 0.035 X4$$

تمثل انحدار نسبة استخدام النيتروجين المئوية علي المتغيرات التالية :
طول الفترة الزمنية للتغذية علي اليوريا (يوم)
X_1 =length of time urea was fed (days)
X_2 = percent of total nitrogen supplied by urea nitrogen
النسبة المئوية للنيتروجين الكلي المضاف علي صورة نيتروجين يوريا.
X_3= percent of uear nitrogen in ration
النسبة المسئوية لنيتروجين اليوريا في العليقة.
X_4= gross energy from readily available carbohydrates
الطاقة الكلية من الكربوهيدرات المتاحة.
وقد بذل مجهود لتبسيط معادلة هذا التوقع ، تم ادخال X_2 , X_3 , X_4 وتأثير الفترة الزمنية علي النسبة المئوية لاحتجاز النتيروجين الممتص.

Absorbed nitrogen retained % = 37.59 + 0.3895 X_1

هذا يوضح زيادة ٠.٣٩% في احتجاز النيتروجين الممتص/ يوم تغذية الحملان علي علائق فيها جميع النيتروجين بها مصدرة اليوريا. بالرغم أن ميل هذه المعادلة أكثر انحدارا من النتائج المتحصل عليها فى دراسات سابقة. والنسبة المئوية الابتدائية الأولية لاحتجاز النيتروجين الممتص كان أقل كثيرا.
استخدمت الطرق المعلمية in vitro techniques في دراسة الحاجة للكربوهيدرات المتاحة الكافية لاستخدام نيتروجين الأمونيا، وفي دراسات الحيوية in vivo لتكوين بروتين الكرش الميكروبي، وجد أن استخدام النيتروجين في علائق الثيران بها حوالي ٣٣% من نيتروجين العليقة مصدرها اليوريا لايتأثر بكربوهيدرات مختلف الحبوب النجيلية ولكن السكرات السريعة التخمر في قصب السكر لا يمكن مقارنتها بكربوهيدرات الذرة في تشجيع او تحسين استخدام النيتروجين. سكرات السكروز، الجلوكوز، اللاكتوز مساوية في تأثيرها علي استخدام النيتروجين في الحملان التي تتغذي علي علائق تحتوي يوريا . ووجد أن النسبة بين الاميلوز الي الاميلوبكتين قد تؤثر علي استخدام نيتروحين اليوريا بواسطة ميكروبات الكرش. وباستخدام نتائج ميزان النيتروجين علي حملان تغذت قوالح الذرة، تبن القمح، لب الباجاس (لب تفل قصب السكر bagasse pith) أو مطحون الشوفان oat mill feed في علائق ٦٧% من النيتروجين مصدرها اليوريا ، وجد أن استخدام النيتروجين تأثر بمصدر كربوهيدرات عالى الالياف حيث زاد استخدام النيتروجين بقوالح الذرة، قل باستخدام لب الباجاس ومجروش الشوفان عند المقارنة مع نتائج تم الحصول عليها باستخدام حملان تغذت تبن القمح. كما وجد أن أحلال كميات مختلفة من اتبان القمح مع كميات متساوية من مخلوط الدكستروز والنشا حسن من استخدام النيتروجين في الحملان التي تغذت علي علائق تحتوي يوريا.
درس تأثير اضافة الكربوهيدرات المتاحة علي استخدام النيتروجين في الحملان التي تغذت علي علائق مصدر النيتروجين بها من اليوريا فقط ، استخدمت متغيرات X3، X2، X1 في معادلة انحدار متضاعف درست سابقا لتقدير المعادلة المبسطه.

$$Y = 10.08 + 0.0354 X4$$

يجب ملاحظة أن المستوي الأقل من الكربوهيدرات المتاحة في العلائق العالية في الطاقة معنوياً لحفظ الحملان علي أوزان ثابته نسبيا ، زيادة الكربوهيدرات المتاحة من ١٢٠٠ كالوري / اليوم الي ١٩٠٠ كالوري / اليوم هذا يؤدي إلي زيادة خطية في استخدام النيتروجين حوالي ٦٠% . هذا النوع أو الخلط من الزيادة يتوافق مع التأثيرالمحسن لإضافة الدكستروز علي استخدام النيتروجين في الثيران التي تغذت علي علائق شتوية تحتوي علي بروتين ١٠% علي الاقل. ومع ذلك فإن العليقة التي تحتوي جلوكوزاو نشا قد تكون مسئولة عن نقص او قلة استخدام اليوريا في المجترات.

تحسين استخدام النيتروجين بزيادة مستوي الكربوهيدرات المتاح في العلائق قد تحدث من زيادة تكوين البروتين الميكروبي ، وهذه قد تكون لها علاقة باتاحة الكائنات الدقيقة لمزيد من الكربوهيدرات أوالمركبات الوسطية في تمثيل الكربوهيدرات في الوقت التي ينطلق فيه نيتروجين الامونيا من اليوريا أو البروتين اويكون لها علاقة بزيادة تركيز الكربوهيدرات اوالمركبات الوسطية في تمثيل الكربوهيدرات في أنسجة الحيوان. هذه المواد قد تحسن استخدام الامونيا الممتصة بامداد الطاقة لاحتياجات البناء البروتيني وبامداد الهيكل الكربوني للأحماض الأمينية غير الأساسية.

عامل آخر يؤثر علي التأقلم adaptation response في الحملان هو جرعة بالفم من داي ستلبسترول diethyl stilbestrol (DES) إضافة المركب DES في العلائق شبه النقية المحتوية علي NPN تؤدي الي أعلي استخدام نيتروجين خلال عشرة أيام، مقارنة بحوالي٤٠ يوم المعتادة للتأقلم لتحقيق أعلي استخدام للنيتروجين. DES تسبب زيادة افراز هرمون النمو المعروف بتأثيره علي زيادة استخدام النيتروجين خلال فعله علي تكوين بروتين الانسجة. كذلك وجد أنDES ليس له تأثير علي افراز نيتروجين الروث التمثيلي ونيتروجين البول التمثيل الداخلي والكرياتين والألنتوين allantion .

وقد أجريت تجارب عديدة للتحقق من طبيعة ومكان التأقلم وبعيدا عن النتائج غير الحاسمه وغير النهائية فإن احتمالية أن التأقلم مطلوب لإظهار تحسين استخدام NPN بواسطة الكائنات الدقيقة لم تحسم بعد Strenghthened.

وفي دراسات معملية in vitro يحدث تكوين البروتين بميكروبات الكرش اسبوعيا ويستمر لمدة سبعة اسابيع في حملان بها فيستيولا fistulated lambs تغذت علي علائق مضاف اليها يوريا . ومع ذلك ، أي أقلمة لجرعات عالية من أملاح الامونيوم تكون محددة بميكروبات الكرش

وقد أظهر مخلوط (خليط متجانس) من الاغشية المخاطية المتجانسة للكرش homogenates of rumen mucosa القدرة لتكوين L.glutamate التي قد تعمل كمساعد لتقليل الفقد في نيتروجين الأمونيا الممتصة. ويعمل انزيم جلوتاميك ديهيدروجينيز علي تكوين الجلوتامات في مخلوط (مخلوط متجانس) الاغشية المخاطية المتجانسة للكرش علي تقليل نيتروجين الامونيا. وحقيقة أن تكوين الجلوتامات يحدث في مخلوط (خليط متجانس) من الأغشية المخاطية المتجانسة للكرش عن طريقdialyzed (فصل الأغشية شبه الغرويه عن المواد الأخري القابله للذوبان عن طريق غشاء فارز) لازالة البيريدوكسال فوسفات ، قرين الانزيم في عملية نقل الأمين ، ويقترح أن تكوين الجلوتامات كان نتيجة لتكوين الامين بالاختزال reductive amination أكثر من نقل الامين transaminatation علي أقلمة الحملان لاستخدام NPN من خلال زيادة فعالية انزيم جلوتاميك ديهدروجنينيز في الغشاء المخاطي للكرش rumen mucosa وتم ذلك في تجربة اشتملت علي دراسة ميزان النيتروجين anitrogen metabolism-slaughter experiment وذبح أربعة حملان تغذت علي دريس لمجموعة الكنترول، بالاضافة الى ١٨ حمل تغذت علي عليقة شبة نقية مصدر النيتروجين بها يوريا فقط كما يلي :

- ٤ حملان بعد ١٤ ، ٢٨ ، ٤٢ يوم
- حملان بعد ٥٤ يوم (علي علائق اليوريا)

اخذت عينات من كرش كل حيوان وتم تخزينها في فريزر. جهزت ثمانية عينات متجانسة بضرب عينة من الاغشية المخاطية لكرش كل حمل في خلاط لاستخدامها في تقدير فعالية ونشاط انزيم جلوتاميك ديهدروجينيز. وجد أن إمتداد التغذية وطول مدتها علي اليوريا لا تؤثر علي فعالية ونشاط انزيم جلوتاميك ديهيدروجنيز للأغشية المخاطية في الكرش . وعلي الرغم أن هذه الملاحظة تميل الي أبعاد هذه السمه aspect لتمثيل الاغشية المخاطية في الكرش rumen mucosal metabolism من الاعتبار كموقع محتمل لاستجابة الاقلمة adaptation response ، فهي لا تمنع preclude احتمالية تثبيت الامونيا بالانسجة وقد يكون ذلك مظهر مهم لتمثيل NPN في المجترات.

في وجود كل من Reduced NAD كافية ومصدر كربوهيدرات وسيط precursors يشمل ألفا كتيوجلوتارات يتوقع أغشية الكرش المخاطية ان تستخدم كميات ملحوظة من الامونيا في تكوين الجلوتامات. تكوين جلوتامات في أغشية الكرش المحاطية تساعد وتسهل استخدام NPN في الكبد خلال عمليات وتفاعلات نقل الامين وبإمداد مركبات وسطية يحتاج اليها في تكوين اليوريا.

من خلال دراسات علي تكوين الاميدات في الأغشية المخاطية بالكرش، أكدت وجود تركيزات عالية من نيتروجين الاميدات في أغشية الكرش المخاطية ، يقترح أن اضافة مول من الامونيا قد يستخدم في تكوين اميد الجلوتامين من الجلوتامات. وهذا المركب الاخير معروف بانه يستخدم في الكبد لتكوين عديد من المركبات النيتروجينيه متضمنه البيورينات purines ، هكسوز أمينات hexoseamines كما وجد أن حوالي ٩٠% من NPN في الكرش تختفي خلال ستة ساعات ، ، ولا يمكن استنتاج inferred ان كلها تتجه لتكوين البروتين الميكروبي حيث أن كميات مختلفة من الأمونيا تمتص خلال جدر الكرش الي الدم.

معدل التحليل السريع لليوريا بواسطة انزيم اليوريز الميكروبي في الكرش قد يمنع امتصاص اليوريا من الكرش الي الدم.

لاتمتص الاحماض الامينية من الكرش، ومع ذلك، ممكن امتصاص الاحماض الامينية من كرش الاغنام المخدرة anesthetized sheep ولكن ليس من الكرش في الأغنام المخدرة يتحرر نتيروجين الامونيا من مركبات NPN اوالبروتينات ويعتمد ذلك علي كمية ونوعية الكربوهيدرات في العليقة بتكوين البروتين الميكروبي بمعدلات مختلفة متغيرة. الزيادة في نيتروجين الامونيا عن الممكن استخدامه في تكوين البروتين تمتص من الكرش وفي حالة PH الكرش ٦.٥، معدل نقل الامونيا عبر انسجة الكرش الخارجية the rumen epithelium يكون معتمدا علي تدرج التركيز The concentration gradient. رغم القول المتكرر بأن نيتروجين الامونيا الممتص من الكرش يفقد من الحيوان، غير أن عدة عوامل قد تعمل لجعل هذا القول غير صحيح.

أولا : معروف قديما أن املاح الامونيوم ممكن استخدامها في تكوين الاحماض الامينية غير الاساسية ، ومعروف حاليا هذا يحدث خلال تكوين الأمين المختزل (الاختزال الأميني). Reductive amination لالفاكيتوجلوتارات يوماً تتبعه من تفاعلات نقل الأمين .

ثانيا : اي من الجلوتامات أوالجلوتامين التي تمثل ارتباط واحد او اثنين من نيتروجين الامونيا، علي الترتيب مع كيتو جلوتارات لتتضمن تكوين البيورينات، بريميدنات، هكسوسامنيات، وحتي اليوريا خلال دورة ألآورنيثين.

Purines, pyrimidines, hexosamines and even of urea through the oruithline cycle.

أخيرا، حوالي ٠.٥ يوريا تعود إلي الكرش كل يوم في اللعاب في الغنم ، وقد تأكد وجود دورة تجديد البروتين protein regeneration cyle، يتم تكوين اليوريا في الكبد ومن خلال الدم يفرز في الكرش ، ويتضمن ذلك نقل نشط لليوريا عبر جدار الكرش كإفراز اليوريا في الكرش ولا يتأثر بتركيزات اليوريا في الدم . وتأكد بالدليل أن المجتمعات الميكروبية بالكرش والهضم الميكروبي ، تركيز نتروجين الكرش ، تركيز نيتروجين الامونيا تمكن الحفاظ عليه ثابتا علي المستويات الطبيعية في الحملان التي تتغذي علي علائق منخفضة في مستوي النيتروجين خلال استخدام التغذية في الاثني عشر للنيتروجين المضاف ،وأن ٣.٠ جم يوميا علي الاقل من النيتروجين قد ترجع الي الكرش كيوريا. استخدام كميات كبيرة من اليوريا في المجترات تؤدي الي مستويات عاليه من نيتروجين أمونيا الدم الوريدي والعام (العادي) portal and systemic blood وظهور أعراض تسمم . ورغم ثبوت التأثير الأول لارتفاع مستويات نيتروجين امونيا الكرش انه كان زيادة في نيتروجين الامونيا في الدم الوريدي لم يكن كذلك حتي يتعدي مستوي امونيا الكرش ٦٠ ميللي مول لكل لتر سائل الكرش فيزيد نيتروجين الامونيا في دم الأطراف Peripheral blood (متعلق بسطح الجسم) ويعتقد انها نتيجة عدم قدرة الكبد على تحويل الامونيا الي يوريا بالسرعة التي تحضرها من الكرش وسواء هذا الارتفاع في مستوي نيتروجين امونيا الدم نتيجة تفاعل المعدل المحدد لدورةالاورنتين rate-limiting reaction of the ornithine cycle أو التركيزات المنخفضة للمركبات الوسطية في تمثيل الكربوهيدرات في الكبد غير معروفة.

التركيزات العالية من نيتروجين الامونيا في الكرش ممكن أن تقل بتقديم الكربوهيدرات المتاحة في الكرش ، وقد وجد أن درجة pH المنخفض وزيادة تحويل الامونيا الي بروتين بكتيري يحدث في الأنظمة المعملية in vitro كنتيجة اضافة الجلوكوز. أكثر انخفاض مستدام لنيتروجين امونيا الكرش يحدث عند التغذية علي حشائش grass levan والنشا أكثر بواسطة السكرات السريعة التخمر والجلوكوز والسكروز. أفضل استخدام للأمونيا بعد اضافة النشا قد تكون نتيجة زيادة اعداد الأحياء الدقيقه بالكرش. تؤدي الكربوهيدرات المتاحة في الكرش الي ارتفاع في كميات البروبيونات التي تزيد زيادة ملحوظة في مستويات جلوكوز الدم. وعند اجراء تجارب عديدة على تمثيل النيتروجين في الحملان التي تغذت علي علائق تحتوي يوريا كمصدر مضاف وحيد للنيتروجين. وجدت علاقة عكسية موجودة بين نيتروجين امونيا الدم وتركيزات جلوكوزالدم.

دور كلية المجترات ruminant kidney في ضبط افراز اليوريا يظهر من الأهمية بمكان للحيوانات التي تتغذي علي علائق منخفضه البروتين، وينظم افراز اليوريا بواسطة الانتقال النشطي active transport في انابيب الكلية renal tutules ، يتم افرازاليوريا بالتغيرات في نسبة البروتين في العليقة. وأن ٩٥% من اليوريا في الراشح فى حوض الكلية glomerular filtrate يمتص في انابيب الكلية renal tubules للماعز التي تغذت علي علائق منخفضة فى مستوي البروتين لمدة ستة ايام بينما التغذية لفترة زمنية طويلة لعلائق عالية في تركيزات اليوريا تزيد من امتصاص اليوريا كجزء من ميكانيكية زيادة استخدام النيتروجين.

اقتصاديات تمثيل الطاقة الاحشائية في المجترات (*)

حفظ الرسوم أو خدمات الدخل الداخلي (**)

Economics of Visceral energy metabolism in ruminants
Toll keeping or internal revenue service

الملخص : Abstract

أوضحت المقاييس عبر فترات العمر الانتاجية Productive states أن أحشاء التفريغ البابي The portal – drained viscera ،والكبد، جميع الأنسجة الاحشائية The total splanchnic tissues يستهلك ٤٠ – ٥٠% من أكسجين الجسم والحرارة الناتجه. يعزي هذا المعدل العالي من التمثيل الغذائي جزئيا إلي معدلات عالية من دوران البروتين Protein turnover ولهذا استخدام الأحماض الامينية كما لو كان لهم خدمات أخري Other service functions يؤكد تمثيل وامتصاص العنصر الغذائي وادارة/ازالة المخلفات waste management هذه القوة أو الشدة الميتابوليزميهmetabolic intensity والمركز التشريحي للأمتصاص The anatomic position of absorptive وأنسجة الكبد تؤدي إلي افتراض أن الأنسجة التي تمثل وتمتص ومعظم عمليات قدوم او امداد العناصر من العليقة مثل دفع ضريبة دخولها إلي باقي أعضاء الجسم. هذه الرسوم أو الضريبة التى تخصمها الانسجة والأعضاء الاحشائية يعتقد أنها تؤثر سلبياً على امتصاص العناصر الغذائية وزيادة للدخول في مخزون الدم الشرياني The arterial blood pool حتى وصولها الى الأعضاء الإنتاجية productive organs مثل الغدة اللبنية أو عضلات الهيكل العظمي. مقاييس جريان/التدفق الصافي للعناصر الغذائية عامة net nutrient flux تدعم هذا المفهوم للتمثيل الأحشائي الذي يحدد توريد الطاقة لباقى أعضاء الجسم.

The concept of splanchnic metabolism " restricting entry" وبالتالي إمداد بالأمر dictating supply

وعلي هذا الاساس فإن ظهور العناصر الغذائية الكبرى التي أساسها الكربون الممتص إلي الوريد البابي تكون منخفضة مقارنة مع معدلها في الاختفاء من تجويف الأحشاء .

On a net basis the appearance of the major carbon-based nutrients absorbed into the portal vein is typically low compared to their rate of disappearance from the gut lumen.

التفسير البديل أن هذا الاسترداد الصافي المنخفض من العناصر الغذائيه الممتصة عبر الأنسجة الاحشائية.

This low net recovery of absorbed nutrients across splanchnic tissues.

يعزي إلي التمثيل الواسع الشامل extensive للعناصر الغذائية من المخزون الشرياني الذي يخفي المعدلات الحقيقية للامتصاص. من هذا المنطلق أي رسوم او ضريبة لتأكيد الخدمات المشتركة الاجتماعية community services تدفع باستخدام موارد داخلية internal funds.

قياس تحركات العناصر الغذائية nutrient kinetics بإستعمال النظائر المشعة isotopic labeling يدعم السيناريو scenario الأخير. وفي حالة الكبد مثلاً فإنه يقود هدم الأحماض الأمينية جزئيا حسب العرض والطلب supply and demand مع التوزيع طبقاً للكثافة المجتمعية التي يمثلها فى العضو مع الترحيل أو المكافئ التمثيلي لحرق البقايا.

With over population dealt with by deportation, restructuring, or the metabolic equivalent of cremation.

وبالمثل ، المعدلات النسبية لتمثيل الأحماض الأمينية في الأحشاء والغدة اللبنية تختلف مع الاحتياجات. تمثيل العديد من العناصر الغذائية المنتجة للطاقة يختلف مع الطلب والعرض والحاجة للخدمات المجتمعية المشتركة مثل ادارة المخلفات وازالتها.

(*) Reynolds, C.K. Dept. Agric. Centre for Dairy Research, the University of Reading, Earley Gate, Reading Berkshire, U.K. J.Animal Sci. 80, E74-E84,2002.

(**) المقصود بحفظ الرسوم او خدمات الدخل الداخلي هو الجزء المستقطع من الطاقة فى تحقيق جزئية التمثيل الغذائي.

* مراجعة أ.د. رضا على محمد علي – أستاذ غير متفرغ – قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة القاهرة.

المقدمة : Introduction

في اتزان دخل استهلاك الطاقة energy expenditure أو الحرارة تمثل مكون واقعي جوهري substantial component في ميزانية الطاقة للحيوانات المجترة . جزء الطاقة القابلة للتمثيل الكلي التي تنفق أو تسهلك كحرارة تتراوح بين ١ في حالة حفظ الحياة إلي حوالي ٠.٧ في العجلات النامية وحوالي ٠.٥ – ٠.٦ في الأبقار الحلابة. وقد درست المصادر التمثيلية لهذا الإنفاق expenditure لجميع المستويات الخلوية والعضوية ، وتشمل حفظ حياة تركيب الخلية واكتمال فعلها العمليات الحيوية مثل نقل الأيون ومعدلات تحويلات البروتين. بسبب تكوين البروتين والتحلل وعمليات الطاقة المكلفةprocesses expensive energetically فإن الأنسجة ذات المعدلات العالية من دوران وتحويلات البروتين لها معدلات عالية من إنفاق الطاقة واستهلاكها واحتياجات الأحماض الأمينية، مثل المعدلات العالية من التدفق الدموي Blood flow لإمداد الأكسوجين وإزالة ثاني أكسيد الكربون.

معدلات التمثيل العالية تجسد typify معظم الأنسجة الاحشائية مثل القلب والكلية والقناة الهضمية والكبد ، التي تدعم الافعال الخدمية التي تساهم في معدلاتها التمثيلية . تستقبل الكلية الدم المتدفق/تيار الدم لكل وحدة كتلة unit mass أكثر من أي نسيج أخر في المجترات ، ولكن في هذه الحالة معدل تدفق الدم العالي يعزي جزئيا إلي فعلها في إفراز نواتج المخلفات وحفظ ميزان السوائل ، ولهذا فإن استخلاصها الجزئي للأكسوجين كان أقل من الأنسجة مثل الكبد . في حالة العجلات النامية تحسب الكلية حوالي ٦% من استهلاك أكسجين الجسم ولكن تدفق دمائها واستهلاك الأكسجين كانت ثابته نسبيا عبر عليقتين لهما نسبة العلف الخشن : العلف المركز، مستويان من الاستهلاك، وجد أن فعلها التمثيلي يمثل التكاليف الحقيقية لحفظ الحياة.

تمثيل الأحشاء Splanchnic Metabolism

بإستثناء الكلية تستقطع أحشاء التفريغ البابي والذي يتكون من الجهاز الهضمي والبنكرياس والطحال، غشاء الأمعاء الشحمي والكبد من ٣٦–٥٤ من استهلاك الجسم الكلي من الاكسجين، وذلك في ماشية اللحم النامية واللبن. هذا الاستهلاك يتم جزئياً من الطاقة القابلة للتمثيل والتي تعتمد الي حد كبير علي كتلة وفعل الأنسجة الاحشائية.

وعبر عدة دراسات علي الماشيه النامية والحلابة في Beltsville في USDA ، وأيضا في الماشية سواء الحلابة وغير حلابة . لوحظت اختلافات أكثر في استهلاك الاكسجين في الانسجة الإحشائية في حالة ماشية اللبن التي يكون استهلاكها أعلي ويرجع ذلك جزئيا الي نوعيات أكبر في تركيب العليقة ، وأيضا إلي الاختلافات في الحالة الانتاجية Productive state. في هذا الشأن ، استهلاك الطاقة في الكبد تستجيب لاحتياجات العناصر الغذائية مثل DMI والعلاقة بين DMI واستهلاك الأكسجين في البقر الحلاب(شكل ١) كانت أكثر تغيرا للكبد (r^2= 0.33)من للـ PDV(r^2.0.59) لأن الميتابوليزم للأنسجة الإحشائية يقدر بـ DMI فإنه ممكن يقدر / بحسب للجزء الواقعي والمادي للحرارة المتزايدة Substantial portion of body heat increment عند تغذية العجلات النامية علي علائق اساسها الذرة المجروشة او البرسيم الحجازي علي مستويين متساويين من استهلاك الطاقة الممثلة (الطاقة القابلة للتمثيل المأكولة) وتحسب الانسجة الاحشائية الكلية ٤٤%، ٧٢% لربحية الزياده في استهلاك أكسجين الجسم للعليقتين، علي التوالي .

التمثيل الحاد intense metobloism لـ PDV

شكل رقم (٢١):
Relationship between dry matter intake and Portal-Drained Viscera (PDV), liver, and total splanchnic (TSP) oxygen consumption in cattle. See text for reference.

والكبد يحدث بدورها الكبير في تمثيل العناصر الغذائية وادارة المخلفات وازالتها. الانفاق/الاستهلاك الكبير PDV تتضمن الخدمات المشتركة لأجهزة الجسم، هذه الانسجة تعطي ما يعرف هضم العليقة ، امتصاص العناصر الغذائية وتمثيلها الغذائي ، حفظ التركيب الخارجي للأحشاء وفعل المناعة وعمليات التكوين خلال البنكرياس والطحال ،. تكوين مركبات عديدة ودورها في ادارة المخلفات وسميتها والتوكسينات تملي dictate احتياجات النشاط التمثيلي للكبد، الكبد، PDV لحفظ حياة الخلايا ونقل العناصر الغذائية مستويات مادية واقعية لنقل الأيون . كل هذا وخدمات مشتركة اخري تطابق ضريبة مادية واقعية في مصطلح استهلاك/انفاق الطاقة energy expenditure التي تدفع خلال ميتابوليزم المواد القابلة للأكسدة oxidizable substrates في المجترات، هذه الضرائب أو الرسوم تدفع كثيرا خلال ميتابوليزم الاستات والجلوكوز وبيتاهيدروكسي بيوتيرات B-oH-butyrate (BOHB) والاحماض الدهنية طويلة السلسلة التي تستهلك لانتاج كثير من ثاني اكسيد كربون الجسم . بالإضافة الي اعتبار كثير من الاحماض الأمينية غير الأساسية مصدرا هاما للكربون القابل للأكسدة لأنسجة خاصة مثل الخلايا الداخلية للأمعاء الدقيقة small intestinal enterocytes وتعطي ATP خلال دورة الكربون داخل الاعضاء المتخصصةspecialized interorgan carbon shuttles بالاضافة الي أن جميع الأحماض الأمينية تخضع للهدم والأكسدة خاصة عند امتصاصها وأتاحتها زيادة عن الاحتياجات.

لأن معظم العناصر الغذائية عند امتصاصها عن طريق الخلايا الظاهرية والداخلية للأمعاء تصبح متاحة للتمثيل الغذائي خلال الامتصاص، بالاضافة الي توالي المركز التشريحي للـ PDV والكبد كنظام أوعية دموية بابية Portal vascular system. جميع العناصر الغذائية تمتص في دم الوريد البابي portal vein blood للتخلص من السميات فى الكبد قبل الوصول الي الوريد الاجوف vena cava، هذه الاعتبارات التشريحية والنشاط التمثيلي الحاد والقوي يحتاج لتدعيم الوظائف المشركة للأنسجة الاحشائية لتؤدي إلي الافتراض المنطقي أن الأجزاء المادية من العناصر الغذائية الممتصة من تجويف الامعاء تمثل خلال امتصاصها قبل انتقالها الي الدم الشرياني، وبالمناظرة by analogy، فإن انسجة الامتصاص للـ PDV وبالتالي الكبد تحدد ضبط الرسوم المدفوعة لدخول العنصر الغذائي وتعمل كحارس بوابة لدخول العناصر الغذائية الممتصة وبالتالي تفرض dictating اتاحة العنصر الغذائي في الدم الشرياني وتمد الأنسجة مثل الغدد اللبنية والعضلات.

مقاييس تمثيل الأنسجة الاحشائية

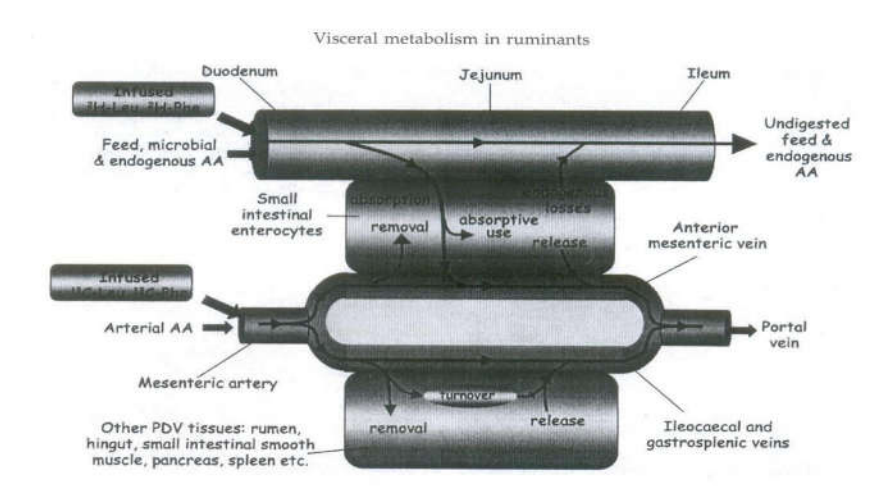
Measurement of splanchnic metabolism

مفهوم حفظ الرسوم التمثيلية "the concept of metabolic "toll-keeping وعمم بمقارنات انطلاق/تحرر العناصر الغذائية الصافي بالـ PDV مع حسابات أو مقاييس معدل امتصاص هذه العناصر المعدنية من تجويف القناة الهضمية ، مع استثناء الأحماض الدهنية ذات سلاسل كربونية طويلة الممتصة في الجهاز الليمفاوي، مقاييس امتصاص وتمثيل الدم الحامل للعناصر الغذائية بواسطة PDV والكبد التي يتحصل عليها باستخدام طرق القسطرة المتضاعفة multicatheterization procedure هذه الطرق قادرة في نفس الوقت علي أخذ عينات للدم الشرياني والدم الوريدي المناسب لصرف الكبد، PDV أو أجزاء / أقسام من PDV ومقاييس/ قياسات تدفق الدم.

المعدلات الصافية لإزالة العناصر الغذائية أو تحررها وانطلاقها بواسطة الأنسجة المختصة ممكن حسابها كمنتج لتدفق تيار الدم والإختلاف الشرياني والوريدي ، ومع ذلك ، هذه القياسات تمثل الجريان والتدفق الصافيnet flux الذي يساوي المعدلات المشتركة لانطلاق وتحرر العناصر الغذائيه إلي الدم الوريدي وازالتها من الدم الشرياني . مثال ذلك جريان /تدفقPDV صافي الجلوكوز في المجترات يكون غالبا صفر أو سالب قليلا وهذه ليست بالضرورة تعني أنه لا يوجد امتصاص للجلوكوز ولكن معدل تحرر وانطلاق الجلوكوز من خلايا الامعاء الدقيقة small intestinal enterocytes إلي الدم الوريدي المساريقيmesenteric vein blood يكوي مساوي أوأقل من معدل ازالة الجلوكوز من الدم الشرياني بواسطة انسجة PDV. PDV تمثل نوعية الانسجة التشريحية ومجموعة الأوعية ذات الخواص المتغيرة تشريحياً ووعائياً an anatomical and vascular aggregation of heterogeneous tissue types.

في حالة الجلوكوز والأحماض الأمينية حيث الامتصاص التمثيلي قد يحدث في خلايا الأمعاء الدقيقة small intestinal enterocytes هذه الخلايا تمثل جزء صغير للـ PDV الكلية. كثير من أنسجة PDV أخري مثل الكرش والأمعاء الخلفيه الظاهرية وعضلات المعي/الامعاء والبنكرياس والانسجة الضامة adipose لها احتياجات

مادية واقعية من الجلوكوز والاحماض الأمينية . أي استخدام لهذه العناصر الغذائية من الدم الشرياني ستختفي بمعدل مكافيء للتحرر والانطلاق إلي الدم الوريدي.
للحصول علي قياسات معدلات إزالة أو انطلاق العناصر الغذائية الكلية أو أحادية الاتجاه بواسطة قياسات الأنسجة الإحشائية للجريان والتدفق الصافي أو يضم علامة النظائر المشعة للتمثيل القليل trace metabolism للعناصر الغذائية المعنيه، بتعليم أو وصف مخزون الدم عادة في ظروف ثابته under steady state conditions يتم ازالة العناصر الغذائية المعلمة من الدم الشرياني الممكن قياسها، وبالفرق تحسب معدل تحرر العناصر الغذائية الكلي . ومع ذلك ، PDV هذه القياسات لاستخلاص العناصر الغذائية في الدم الشرياني لا تحسب لأي استخدام أو الفصل/العزل خلال الامتصاص . لقياس هذا الاستخدام الامتصاصي خلال المرور من تجويف الأمعاء إلي الدم الوريدي ، يمكن للعنصر الغذائي المعلم (له علامة النظائر المشعة labeled) يدخل الي التجويف الامعائي والاسترداد في قياس الدم الوريدي . ومع ذلك ، للحصول علي المعدلات الحقيقية للفصل /العزل sequestration خلال المرور الأول للإمتصاصfirst pass absorption، الاستخلاص للعنصر الغذائي المعلم يعاد دورانه الي PDV في الدم الشرياني يجب حسابه بتزويده تلقائيا في مخزون الدم باستخدام علامة منفصلة separate label. مفاهيم هذه الطرق في الشكل التالي، لقياسات الاستخدام الشرياني والامتصاصي للحمض الأميني ليوسين وفينايل الانين of leu and phe بواسطة PDV للبقر الحلاب باستخدام أساليب علي اساس نماذج/موديلات متطورة في الأغنام.



شكل رقم (٢٢):
Flow of leucine and phenylanine within the portal-drained viscera as measured using multicatheterization, intestinal cannulation and dual isotope labeling procedures (Caton et al., 2001; Reynolds et al., 2001) based on the approach of MacRae et al., (1997a) .

وهناك بدائل، ممكن قياس استخدام امتصاص العناصر الغذائية بمقارنة معدلات امتصاص معلومة او مقدرة من تجويف الامعاء مع الانطلاق الكلي بواسطة PDV أو في حالة الجلوكوز والأحماض الأمينية فإن mesenteric – drained viscera (MDV) وبالاعتماد علي موقع أخذ العينات بالتقاء/حشد وريد confluence of the ileocecal vein تمثل MDV الامعاء الدقيقة ودهن المساريقا المصاحبة مع أو بدون الأمعاء الغليظة والأعور.

ميتابوليزم الأحماض الدهنية الطيارة :

Volatile fatty acid metabolism (VFA):

في المجترات، تمثل الأحماض الدهنية الطياره VFA الصورة الأساسية لتمثيل الطاقة طبقا لحوالي ثلثي الطاقة المهضومة الممتصة وتمثل مصدر هام للكربون للأكسدة وتكوين الدهون. ومع ذلك، تؤكد الدراسات المعلمية in vitro وقياسات حيوية in vivo الرائدة أن الفقد الجوهري لـ VFA الأساسية الخلات والبروبيونات والبيوترات خلال امتصاصها عبر أنسجة الكرش الظاهرية باستخدام طرق القسطرة المتضاعفة وقياس التدفق الصافي للأحماض الدهنية الطيارة FVA في الغنم التي تغذت علي مستويات حفظ الحياة من محببات والبرسيم الحجازي المجفف في جامعة Cornell ان تركيزات البروبيونات والبيوترات في الدم الشرياني كانت منخفضة جدا ، فقد افترض استخدام قليل لهذه VFA الشرياني بواسطة PDV وأن التدفق الصافي مساوي للتحرر والانطلاق الكلي.

التركيـزات الـشريانية للخـلات كانــت واقعيــة وجوهريــة لهــذا قــدرت إزالــة الخــلات الــشريانية بواســطةPDV باســتخدام اسـتخلاص C^{14}-acetate ويمكـن حـسابات تحـرر وانطـلاق الخـلات الكليـة الـي الوريـد البـابي. هـذه قياسـات PDV بتحريـر VFA تقـارن بالقياسـات الـسابق نـشرها لانتـاج VFA الكـرش ويتحـصل عليهـا بتخفيـف النظـائر المـشعة فـي الغـنم التـي تغـذت بكميـات متـساوية مـن البرسـيم الحجـازي المجفـف (معهـد أبحـاث Rowett فـي اسـكتلندا) وبـافتراض أن هــذه القياســات لانتــاج الكــرش مــساوية/معادلــة مــع الكميــات الممتــصة حقيقيــاً، فقــد قــدر أن ٣٠ ، ٥٠ ، ٩٢% خـلات ، بروبيونـات ، بيـويترات تخـضع إلـي المـرور الأول لتمثيـل الامتـصاص absorplive "First – pass metablolism" ولا تـصل الـي الـدم الوريـدي . وعلـي الأسـاس الـصافي net basis , PDV تحرر وتطلـق الخـلات لحـوالي ٥٠% فقـط مـن انتـاج خـلات الكـرش . هـذه الأجـزاء الـشاملة للأمتـصاص المـستخدم VFA بواسـطة الكـرش اصبحت مبدأ متفق عليه.

These extensive proportions of "absorptive use" of FVA by the rumen have since become dogma.

قياسـات أخـري للزيـادة الـصافية فـي اطـلاق PDV للأحمـاض FVA خـلال تـشرب الكـرش ruminal infusions عنـد تغذيـة الماشـية والغـنم والتـي تـدعم مفهـوم الاسـتخدام الامتـصاصي الحـاد extensive absorptive use للأحمـاض الدهنيـة الطيـارة. ومـع ذلـك، تـستخدم أجـزاء VFA مـن الأحمـاض الدهنيـة الطيـارة الممتـصة وبطريقـة مختلفـة مـن خـلال الدراسـات، ويرجـع ذلـك الـي الاختلافـات فـي العليقـة الأساسـية ومـستوي التغذيـة وتركيـب وكميـه تـشرب الأحمـاض الدهنيـة الطيـارة . وعلـي الأسـاس الـصافي، يحـسب زيـادة انطـلاق وتحـرر PDV الـصافي لـ ٧٠ – ٤٧% خـلات ، ٨٥ – ٦٠% بروبيونـات ، ٣٢ – ٢٠% بيـوترات تـشرب فـي الكـرش. التفـسير المنطقـي لحـدوث فقـد امتـصاص نتيجـة التمثيـل الـشامل هـو دفـع ضـريبة الامتـصاص الـشامل consequence of extensive metabolic toll-keeping. حـديثا تـم تطـوير التفسير البـديل واسـتخدمت تقنيـات القسطرة المتـضاعفة ، وأيـضا نظـائر الخـلات المـشعة لقيـاس انطـلاق PDV الكليـة للأحمـاض الدهنيـة الطيـارة فـي الغـنم ولكـن تطبيـق الكرش المغسولwashed – rumen approach يستخدم في نفس الوقت لقياس امتصاص VFA من الكرش.

تحـسب انطـلاق وتحـرر PDV الكليـة للأسـتات والبروبيونـات والبيـوترات ١٠٩، ٩٥ ، ٢٣% امتـصاصها مـن الكـرش مـع اقتـراح اعتبـار امتـصاص أقـل باسـتخدام الاسـتات والبروبيونـات بالمقارنــة مـع الملاحـظ سـابقا . مـازال PDV يتمثـل بكميـات معتبـرة للأسـتات الـشرياني ولكـن هنـاك اسـتخدام امتـصاص first – pass قليـل جـدا للأسـتات والبروبيونـات ، مـع اقتـراح هـذه القياسـات لانتـاج الكـرش بتخفيـف النظـائر قـد تـشمل كميـة واقعيـة منطقيـة للأسـتخدام الميكروبـي، وقـد يؤخـذ الاسـتخدام الميكروبـي فـي الاعتبـار عنـد تـشرب VFA فـي كـرش الحيوانـات المغـذاة ، ولكـن قـد يكـون النـشاط الميكروبـي قليـل فـي الكـرش المغسول washed rumen رغـم حفـظ المجتمعـات الميكروبيـة فـي كـرش الأغنـام التـي تحفـظ كـاملا بالتـشرب داخـل المعـدة by intragastric infusion، قـدرتها لاسـتخدام FVA غيـر مؤكـد.

تكوين الاجسام الكيتونية فى القناة الهضمية : Alimentary ketogenesis

فـي المعـي الخلفـي فـي غيـر المجتـرات هنـاك اسـتخدام الامتـصاص الـشامل للبيـوترات فـي النـسيج الظـاهري للكـرش The ruminal epithelium يتـضمن قـدر البيـوترات كـل مـن الأكـسدة والتحويـل إلـي الأجـسام الكيتونيـة ، BOHB ، استيواسـتات ، رغـم أن الدراسـات المعمليـة in vitro تقتـرح ان القـدر الـسائد (% 90<) للبيـوترات n-buytrate فـي نـسيج الكـرش الظـاهري هـو التحويـل إلـي الأجـسام الكيتونيـة وتمثـل بيتـا . هيدروكسي بيـوترات النـاتج الأساسـي للـ alimentary ketogenesis تحـسب عامـة لـ ٧٥% أو أكثـر مـن PDV الكلـي تحـرر أو تطلـق الأجـسام الكيتونيـة . ومـع ذلـك ، تحـت ظـروف زيـادة امتـصاص البيـوترات ، يختـزل استيواسـتات قليـل إلـي BOHB، حـوالي ٥٥%، فـي PDV يحـسب للأستيواسـتات. alimentary ketogenesis اخـر فـي النـسيج الظـاهري VFA ketogenic يتـضمن i-buytrate and n-valerate ودليـل جديـد يؤكـد ميتـابوليزم in vivo مناسـب لهـذه VFA طويلـة السلسة خـلال امتـصاصها. علـي اسـاس الاختبـارات المعلميـة in vitro evidence، تعتبـر الاسـتات الممثلـة خـلال الامتـصاص ketogenic فـي نـسيج الكـرش الظـاهري فـي الحيـوان الحـي in vivo، ولكـن بعـض الدراسـات تتحـدي هـذا الافتـراض. علـي الأسـاس الـصافي، تقـديرات كميـة البيـوترات العظمـي/القـصوي المـستخدمة خـلال الامتـصاص وبالتـالي تتحـرر/تنطلـق الـي الوريـد البـابي كـ BOHB أو BOHB + استيواسـتات فـي مـدي يتـراوح بـين ١٤–٤٨% في الغنم والماشية.

مثـل الاسـتات ، تمثـل الاجـسام الكيتونيـة مـصدر هـام للمـواد المؤكـسدة للـدم الـشرياني ، وبالتـالي قياسـات انطـلاق / تحـرر PDV الـصافية تكـون أقـل تقـدير مـن الانطـلاق الكلـي إلـي مـدي اسـتخدامها مـن المـصدر الـشرياني ، القياسـات

الحديثـة فـي القـسطرة المتـضاعفة فـى الغـنم والمتحـصل عليهـا باسـتخدام ^{13}C-BOHB توضــح أن اسـتخدام BOHB الـشرياني بواسـطة PDV كـان جوهريـا وواقعيـا ، ويعـادل انطـلاق وتحـرر PDV الـصافي ويحـسب لــ ٤٠% مـن معـدل فقـد الجـسم غيـر العكـسي. قـدر تـأثير تـشرب بيـوتيرات الكـرش علـي تمثيـل BOHB ، ووجـد أن انطــلاق وتحــرر BOHB بواســطة PDV محــسوب لـــ ٤٨ – ٦٢ % علـــي الأســاس الــصافي والكلـــي ، علـــي الترتيــب، لتـــشرب البيـوترات لا يـسترد فـي الوريـد البـابي. ومـن المحتمـل التحويـل الـي الاسيتواسـتات، والاكـسدة خـلال الامتـصاص، والاستخدام الميكروبي يحسب للمتبقي ٣٨% تشرب بيوترات الكرش.

وتـشير الادلـة الحديثـة علـى أن امتـصاص الاسـتات والبروبيونـات أقـل مـن المقتـرح سـابقا. تخـضع The VFA ketogenic لتمثيـل الامتـصاص المناسـب ولكـن هـذه تمثـل لحـد كبيـر اعـادة تركيـب repackaging كأجـسام كيتونيـة وبالتـالي الانطـلاق الـي الـدم الوريـدي والانتقـال الـي دورة الكبـد The hepatic circulation. الاسـترداد الــصافي المــنخفض للأســتات الممتــصة، BOHB مــن البيــوترات الممثلــة عبــر PDV يكــون جزئيــا نتيجـة consequence الاسـتخدام واللاحـق لهـذه المـواد مـن الـدم الـشرياني التـي تعطـل negates الكميـات الواقعيـة والجوهريـة مـن التحـرر والانطـلاق الكلـي العـام . فـي PDV وبـاقي انـسجة الجـسم تحـسب الاسـتات، BOHB للكميـات الجوهرية الواقعية من انتاج ثاني اكسيد الكربون CO_2 وتكوين الأحماض الدهنية.

تمثيل/ميتابوليزم الجلوكوز Glucose Metabolism

الحـسابات الـسابقة لاسـترداد واسـتخلاصrecovery النـشا المهـضوم فـي الامعـاء الدقيقـة كزيـادة انطـلاق جلوكـوز PDV الـصافي توضـح أيـضا اسـتخدام الامتـصاص الأساسـي الـواقعي للجلوكـوز للقـدر التمثيلـي مثـل الاكـسدة ، تـدعم تكـوين الـدهن ، تكـوين الميوسـين، التمثيـل غيـر الهـوائي جليكوليـسس إلـي لاكتـات وجليـسرول ٣ فوسـفات فـي المجترات ، تمـتص الأحمـاض الدهنيـة طويلـة السلـسلة بكثـرة كـ NEFA ، ويحتـاج إلـي الجليـسرول للجـسريد الثلاثـي وبالتـالي تكـوين Chylomicron وامتـصاص الاحمـاض الدهنيـة طويلـة السلـسلة الـي اللميـف ، ومـع ذلـك ، هـذا الفقـد الفعـالloss Potential للجلوكـوز الممـتص فـي انطـلاق جلوكـوز PDV الـصافي فـي المجتـرات لـم يـتم تفـسيرة بعـد حيـث الاحمـاض الدهنيـة طويلـة السلـسلة تمـتص أوليـا كــ acyl-glycerides فـي الماشـية ، اسـترداد واسـتخلاص النـشا الـصافي التـشرب فـي المفنحـة abomasum كزيـادة انطـلاق جلوكـوز PDV الـصافي يتـراوح بـين ٢٥ إلـي ٥١%. هـذا الاسـترداد القليـل يعكـس جزئيـا الهـضم غيـر الكامـل فـي الأمعـاء الدقيقـة ، ولكـن فـي دراسـات أخـري حيـث تدفق الفائض للنشا ileal flow of starch تم حسابه. تفسيرات أخري للأسترداد المنخفض يشمل تخمر النشا في اللفـائفي أو أسـتخدام الجلوكـوز الـشرياني بواسـطة PDV وبالنـسبة للأسـتات، BOHB فـإن اسـتخدام الجلوكـوز الـشرياني بواسـطة PDV يؤخـذ فـي الاعتبـار ويمكـن الحـساب لـ ٢٠ – ٤٣ % IRL body، ويعكـس هـذا الاستخدام جزئيا استخدام بالانسجة الضامة الشحمية adipose مثل انسجة المعدة stomach tissues.

فـي حالـة ثيـران البقـر التـي تغـذت علـي البرسـم الحجـازي (الفـا الفـا) فـإن MDV تـستخدم الاسـتات، BOHB والجلوكـوز علـي الأسـاس الـصافي ، اسـتخدام MDV الـصافي للجلوكـوز كـان يعـادل ٦٩% اسـتخدام جلوكـوز PDV الـصافي الكلـي، وعنـدما تغيـر الثيـران تغذيتهـا الـي عليقـة تحتـوي كميـات كبيـرة مـن نـشا الـذرة ويقـاس التحويـل إلـي تحـرر وانطـلاق جلوكـوز MDV الـصافي . ومـع ذلـك ، زيـادة امتـصاص جلوكـوز MDV الـصافي المقـاس والمقـدر كـان يحـسب جزئيـا بالزيـادة فـي استخدام المعـدة الـصافي والتـي قـد تعكـس جزئيـا زيـادة اسـتخدام الجلوكـوز بواسـطة غـشاء الأمعـاء الـضام الـشحمي omental adipose والـذي يـستنزف / يفـرغ drained بواسـطة وريـد gastrosplenic vein.

تؤكـد دراسـات حديثـة أن زيـادة امتـصاص الجلوكـوز مـن PDV ناتجـة مـن مـا بعـد تـشرب الكـرش النـشا أو الجلوكـوز postruminal infusion تكـون مـصاحبة بزيـادة اسـتخدام PDV للجلوكـوز الـشرياني وبالنـسبة للماشـية الناميـة ، فـإن زيـادة انطـلاق وتحـرر جلوكـوز PDV الـصافي محـسوبة لــ ٥١% مـن النـشا مكـافيء/معـادل فـي تـشرب النـشا المتحلـل الـي المنفحـة. يرجـع هـذا الاسـترداد القليـل الـصافي جزئيـا الـي ١٣٢% زيـادة فـي اسـتخدام PDV للجلوكـوز الـشرياني ويقـاس باسـتخدام C^{14}-glucose . الزيـادة فـي اسـتخدام PDV للجلوكـوز الـشرياني محـسوب لــ ٢٠% الجلوكـوز فـي تـشرب النـشا ، ٥٢% الزيـادة فـي جلوكـوز IRL body. أظهـر تـصحيح اسـتخدام PDV للجلوكـوز الـشرياني أن ٧١% الجلوكـوز المتـشرب يظهـر فـي الـدم الوريـدي blood Portal ، والبـاقي ٢٩% تكـون أمـا غيـر كاملـة الهـضم الـي جلوكـوز وتخمـرت أو تـستخدم خـلال الامتـصاص. علـي النقـيض، زيـادات رقميـة (٤٨%) فـي PDV اسـتخدام الجلوكـوز الـشرياني خـلال تـشرب الجلوكـوز فـي الأثنـي عـشر فـي الغـنم كانـت غيـر معنويـة ، هـذه قـد تكـون لهـا علاقـة بنتـائج سـابقة أن اسـترداد الجلوكـوز الوريـدي الـصافي المتـشرب فـي المنفحـة أكبـر مـن عنـدما تتـشرب

نفس الكميات من الجلوكوز كنشا . تفسيرات محتملة للإسترداد الأكبر للجلوكوز الوريدي مقارنة بالنشا تشمل الاختلافات في ظهور العلامات المنظمة regulatory signals arising خلال دخول الجلوكوز عن طريق الأثني عشر مقابل اللفائفي ileum والتي لها تأثيرات مختلفة علي استخدام الجلوكوز في الدهن وأنسجة PDV الأخري.

تمثيل/ميتابوليزم الأحماض الأمينية: Amino acid metabolism

لاجل VFA والجلوكوز تم عمل مقارنة انطلاق وتحرر الاحماض الأمينية PDV الصافي مع الكميات الممتصة من أو المتشربة في الأمعاء الدقيقة في المجترات ، أوضحت حدوث فقد مادي واقعي خلال الامتصاص.

قدرت مقارنة معدلات اختفاء AA الاحماض الأمينية من الأمعاء الدقيقة لزوج غنم باستخدام كانيولا re-entrant cannulea وقياسات في نفس الوقت لتحررهم PDV الصافي ووجد انخفاض معنوي (٣٦ – ١٠٠%) في استرداد أحماض امينية عديدة . وكان الانخفاض اكثر من ١٠٠% للجلوتامات والاسبرتات والتي بدون شك لها علاقة بالاستخدام المفضل كمواد طاقة لانسجة الامعاء. استخدام الامتصاص محسوب لـ ٩٤% جلوتامات المتشربة في أثني عشر الخنازير الصغيرة القزميه، رغم أن هذه القياسات لم تصحح لأي استخدام فعال الجلوتامات الممتصة تعاد تدوير أثار PDV في الدم الشرياني. بالإضافة إلي استخدام الامتصاص ، يعزي الهبوط الكبير في امتصاص الجلوتامات والاسبارتات إلي تحليل الجلوتامين الي جلوتامات والاسبارجين إلي اسبارتات خلال تجهيز المادة المهضومة digesta للتحليل .

جدول رقم (٤٤): Ratio of net portal-drained visceral to net mesenteric-drained visceral release of amino acids (PDV/MDV) in sheep and cattle

Amino acid	sheep[a]	Dairy cows[b]
Leu	0.64	0.68
Val	0.57	0.46
Lys	0.56	0.72
Thr	0.69	0.38
IIe	0.55	0.61
Phe	0.68	0.76
EAA[c]	-	0.62
NEAA[d]	-	0.50
TAA[e]	-	0.56

[a] MacRae et al., 1997b.
[b] Berthiaune et al., 2001.
[C] Essential amino acids measured.
[d] Nonessential amino acids measured.
[e] Total amino acids measured.

قياسات تدفق الأحماض الأمينية الصافي كانت أقل تقديراً underestimate للأختفاء المعي الدقيق أذا لم يحسب افراز الهدم الداخلي endogenous secretions في اللفائفي . أخيرا ربما الأكثر أهمية للعديد من الأحماض الأمينية ، استخدام PDV للأحماض الأمينية الشرياني لم يحسب في قياسات الجريان الصافي. الاستخدام الجوهري الواقعي للأحماض الأمينية الشرياني بواسطة PDV يتأكد بمقارنة القياسات الصافي لجريان PDV , MDV الأحماض الأمينية في الغنم والماشية لاجل الأحماض الأمينية الأساسية ، نسبة تحرر وانطلاق PDV الصافي إلي تحرر وانطلاق MDV الصافي في الغنم والماشية يتراوح من ٠.٥٥ – الي ٠.٦٦ (جدول) الانطلاق والتحرر الصافي الاعلي للأحماض الأمينية بواسطة MDV أوضح الاستخدام الجوهري الأساسي للأحماض الأمينية الشريانية بواسطة المعدة وأنسجة PDV الأخري ليس لها فورة تمثيلية للأحماض الأمينية خلال امتصاصهم في أوردة المساريقا (أغشية تغلف الآمعاء) وتربطها بالجدار البطني mesenteric veins

جدول رقم (٤٥) : Sequestration of essential amino acids by the portal-drained viscera of sheep (MacRae et al., 1997a)

Amino acid	% of IRL[a]	Arterial/total[b]
Leu	46	0.82

Val	65	0.86
Lys	53	0.84
Thr	48	0.83
IIe	56	0.79
His	32	0.76
Phe	47	0.49

[a] Total portal-drained visceral sequestration as a percentage total body irreversible loss (IRL). Mean of values for sheep fed 800 fed or 1.200 g (as-fed basis) alfalfa daily.
[b] Proportion of total PDV sequestration (arterial and absorptive use) accounted for by

فـي كـل مـن الغـنم والماشـية الحلابـة ، تقـارن المعـدلات الـصافية للإختفـاء مـن الأمعـاء الدقيقـة وتحـرر الأحمـاض الأمينيـة MDV الـصافي وكـان صـغيراً جـدا أو لا اسـتخدام امتـصاص معظـم الأحمـاض الأمينيـة ولكـن يؤكـد الفقـد الـصافي المـادي الثنـائي الجلوتامـات . جلومـاتين ، واسـبارتات . اسـبارجين والاحماض الأمينية غير الأساسية الأخري ــ يـستخدم النيتـروجين مـن هـدمها والأحمـاض الأمينيـة الأخـري فـي تكـوين حمـض امينـي الانـين Ala باسـتخدام البيروفـات ، وينـشأ جزئيـا inpart arising مـن التمثيـل غيـر الهـوائي للجلوكـوز حمـض أميني الانين هوالحـامض الأميني المنطلـق النمـوذجي typically the AA released عبر الـ PDV للمجترات في الكميات الأكبر علي الأساس الصافي ، نقل النيتروجين والكربون إلي الكبد لتكوين اليوريا والجلوكوز.
يـستخدم النظيـر المـزدوج a dual isotope فـى التقـدير المباشـر لاسـتخدام امتـصاص الاحمـاض الأمينيـة الأساسـية فـي الغـنم استخدامSimultaneous differential labeling of AA فـي تجويـف الأمعـاء الدقيقـة small intesline lumen والـدم ، اسـتخدام الامتـصاص والـشريان للأحمـاض الأمينيـة بواسـطة PDV ممكـن قياسـه.
توضـــح قياســـات تمثيـــل الأحمـــاض الأمينيـــة الأساســـية أن الاســـتخدام بـــ PDV فـــي الغـــنم يحـــسب لكميـــات الماديـــة الأساسية لـ IRI body ولكـن المصدر السائد للأحمـاض الأمينيـة المستخدمة هـو الـدم الـشرياني. لمعظـم الأحمـاض الأمينيـة الآساسـية التـي تـم قياسـها ، الاسـتخدام الـشرياني حـسب لــ ٧٥% أو أكثـر PDV الكلـي المـستخدم الاسـتثناء الوحيـد حمـض أمينـي فينايـل الأيـن Phe حيـث الاسـتخدام الـشرياني الأقـل يوضـح أن اسـتخدام PDV الكلـي كـان متـساوي مقـسم بـين الأمـداد الامتـصاصي والـشرياني. عامـة ، معـدل الاسـتخدام الامتـصاصي كـان مقارنـا للأحمـاض الأمينية الأساسية ، بينما معدل تناسبه لاستخدام PDV الكلي كان مماثل للتركيب المتناسب لبروتينات PDV .
اسـتخدام أكثـر لهـذه الطـرق لقياسـات اسـتخدام حمـض أمينـي ليوسـين الـشرياني PDV ,MDV. أوضـحت طريقـة الليوسـين leu فـي الغـنم، أن حـسابات MDV لــ ١٢% فقـط اسـتخدام حمـض أمينـي ليوسـين الـشرياني arterial leu بواسـطة PDV. بالإضـافة ١% فقـط لاسـتخدام الليوسـين Leu خـلال الامتـصاص تأكـسد إلـي ثـاني أكـسيد الكربـون ، بـاقتراح أن معظـم الليوسـين المعـزول sequestered leu كـان يـستخدم للانـزيم وتكـوين مكونـات بروتينيـة وعلـي النقيض ، ٤٩% فصل/ عزل leu من الدم الشرياني بواسطة MDV تأكسد .
استخدام a dual isotope ايضا لوصف تأثيرات مستوي المأكول علي استخدام حمض فينايل الانين Leu and Phe الامتـصاصي والـشرياني بواسـطة PDV الأبقـار الحلابـة وغيـر الحلابـة. أكـدت هـذه القياسـات الملاحظـات فـي الغـنم أن حـسابات الإسـتخدام الـشرياني للجـزء الجـوهري الـواقعي لحمـض أمينـي الليوسـين الكلـي ، وامتـصاصPhe ، IRL ولكـن الجـزء مـن الامتـصاص المحـسوب كـان أقـل عنـدما كانـت البقـر حلابـة ، وفـي الغـنم، الاسـتخدام الامتـصاصي كـان الجـزء الأعلـي لاسـتخدام PDV الكلـي لــ phe أكثـر مـنleu، كـان الإسـتخدام الامتـصاصي قلـيلا مهمـلا فـي حالـة المـأكول القليل ولكـن يزيـد بزيـادة المـأكول خـلال حالـة كـل مـن الحلابـة وغيـر الحلابـة ، ويزيـد بزيـادة فـي الكتلـة enterocyt mass أو ربمـا الاختلافـات فـي الإسـتخدام الامتـصاصي لهـذه الأحمـاض الأمينيـة بـسبب زيـادة الامداد نسبة إلي الاحتياجات.
فـي ذات الـشأن أجريـت قياسـات تمثيلPDV metabism of leu and Phe والاستجابة لتشرب كـازين المنفحـة أو مخلوط مكافيء للأحماض الأمينية الأساسية الحرة لفترة ستة أيام للبقر في الفترة الأخيرة من الحليب .
اسـتخدام الامتـصاص لكـل مـن leu, phe كانـت مهملـة خـلال أخـذ العينـات وضـبطها. كـلا مـن الإسـتخدام الامتـــصاصي PDV الـــشرياني لحامـــضي phe، leu تزيـــد بتـــشرب مخلـــوط الأحمـــاض الأمينيـــة الأساســـية ولـــيس الكــازين . خــلال تــشرب الأحمــاض الأمينيــة الحــرة الزيــادة فــي اســتخدام PDV الكلــي كــان مــساوي للزيــادة فــي الامتـصاص الحقيقـي لهمـا مـن تجويـف الأمعـاء الدقيقـة. هـذا يؤكـد ويفـسر النتـائج الـسابقة مـن دراسـات علـي البقـر الحلابـة حيـث تزيـد حـسابات تحـرر الاحمـاض الأمينيـة PDV الـصافي لمعظـم (٧٥%) مـن الأحمـاض الأمينيـة

الممتـصه فـي المنفحـة ككـازين ولكـن٢٢% فقـط عـن الامـداد المكـافيء للأحمـاض الأمينيـة الحـرة الأساسـية كانـت ممتـصه. الاسـترداد القليـل بالحالـة الأخيـرة تبـدو راجعـة إلـي زيـادة فـي كـل مـن اسـتخدام الامتـصاص والأحمـاض الأمينيـة الأساسـية الـشرياني. أسـباب الاسـتجابة غيـر مؤكـد، ولكـن فـي تمثيـل الجلوكـوز، والاسـتجابة لنـشا المنفحـة مقابـل تـشرب الجلوكـوز، الاختلافـات فـي الاسـتجابة التمثيليـة PDV الملحوظـة قـد تكـون لهـا علاقـة بمكـان امتـصاص الأحمـاض الامينيــة. غيــاب الأحمــاض الأمينيــة غيــر الأساســية فــي مخلــوط الأحمــاض الأمينيــة احــرة الأساســية المضاف قد يسبب عدم اتزان في إتاحة الأحماض الأمينية تؤدي الى الزيادة فى الهدم.

تمثيل الكبد : liver metabolism

تقترح دراسات حديثة تفسيرات بديلة لاسترداد عناصر غذائية PDV الصافية القليلة الممتصة من تجويف القناة الهضمية في المجترات . يبدو أن الاستات والبروبيونات والجلوكوز ومعظم الأحماض الأمينية الأساسية قليلة الإستخدام الامتصاصي ويرجع قلة استردادها الصافي إلي زيادة تقدير امتصاصها أوازالة شاملة من الدم الشرياني . وبالنسبة Ketogenic VFA هناك استخدام امتصاصي شامل ولكنها تفرغ اساسا وتنطلق وتتحرر إلي الدم الوريدي البابي كأجسام كيتونية. تخضع الأحماض الأمينية غير الأساسية للإستخدام الامتصاصي الشامل واستخدام نيتروجينها في تكوين حمض أميني Ala المنطلق/المتحرر بواسطة PDV قبل الوصول للانتشار والتداول الخارجيperipheral circulation هذه العناصر الغذائية الممتصة يجب تحويلها negotiate للكبد، حيث أنها نشطة تمثيليا إلي أبعد حد extereme تمثل حوالي ٢% empty BW في البقر الحلابة ، تستقبل الكبد حوالي ٤٠% مدفوع القلب cardiac output ويكون مسئولاً عن ٢٠ – ٢٥% طاقة الجسم المستهلكة في الماشية. تم دراسة المظهر/الواجهة لتمثيل العناصر الغذائية للكبد بعلاقتها بالكميات الممتصة عبر PDV، ووجد أن العلاقات العامة بين تحرر PDV الصافي وازالة العناصر الغذائية الكبري في الكبد قد تأكدت لماشية اللبن.

جدول رقم (٤٦): Net splanchnic (portal-drained viscera and liver) metabolism (mmol/h) of nutrients in lactating dairy cows consuming 23kg DM and producing 37 kg milk daily during abomasal infusions of water (Reynolds et al., 1999 and unpublished observations)

Item	PDV[a]	Liver	Total splanchnic
Acetate	2.409	452	2.860
Propionate	1.012	-942	70
n-Butyrate	214	-180	34
i-Butyrate	28	-27	1
i-Valerate	48	-47	1
n-Valerate	40	-42	-2
B-OH-Butyrate	210	408	618
L-Lactate	175	-24	151
Glucose	-7	781	775
EAA[b]	268	-21	247
NEAA[c]	363	-224	139
TAA[d]	631	-245	386
Oxygen	-3.897	-3.686	-7.583

[a]Portal-drained viscera.
[b]Essential amino acids measured.
[c]Nonessential amino acids measured.
[d]Total amino acids measured.

علـي الأسـاس الـصافي ، هنـاك ازالـة الاسـتات القليلـة طبيعيـا فـي الكبـد وفـي معظـم الدراسـات فـي المجتـرات أكـدت صـغر أو قلـة تحـرر وانطـلاق الاسـتات الـصافي ، ولـذلك الكبـد لهـا أثـر قليـل علـي أمـداد الاسـتات الممتـصة لبـاقي الجسم، وعلـي النقـيض، تقريبـا إزالـة جميـع البروبيونـات والبيـوترات ، VFA طويلـة السلـسلة الممتـصة مثـل إمـدادها فـي الـدم الـشرياني يكـون مهمـلا لـصغره المتنـاهي، وبالمثـل وعلـي الأسـاس الـصافي، عمليـا/واقعيـا virtually تـزال جميـع الاستراسـتات المنطلقـة بواسـطة PDV عـن طريـق الكبـد، بينمـا تتحـول البيـوترات والاستيواسـتات بدرجـة كبيـرة إلـي فـى الكبـد والتـي تنـتج أيـضا مـن أكـسده الأحمـاض الدهنيـة طويلـة السلـسة . ومثـل الاسـتات ، هنـاك طبيعيـا BOHB امـداد مـادي واقعـي مـن BOHB المتحـرر/المنطلقـة الـي الخـارج Periphery علـي الاسـاس الـصافي فيعطـي مـواد لاستهلاك الطاقة وتكوين الدهن.

تـزال معظـم البروبيونـات بواسـطة الكبـد اعـادة تركيـب repackaged كجلوكـوز والـذي ينطلـق ويتحـرر ايـضا الـي الخـارج لأعمـال حفـظ الحيـاة والانتـاج. فـي حالـة التغذيـة ، المركبـات الوسـطية الأساسـية الأخـري لتكـوين الجلوكـوز تشمل اللاكتات والاحماض الأمينيـة ، مـع with the glucogenic nonessential AA الأحمـاض الامينيـة غير الاساسية المرتبطـة بـالجلوكوز وتعتبـر الاحمـاض الأمينيـة أكثـر أهميـة فـي تكـوين الجلوكـوز. والـسؤال عـن مـدي أمـداد المركـب الوسـطي للجلوكـوز حـدود تكـوين جلوكـوز الكبـد. ومـع ذلـك، عبـر دراسـات عديـدة حيـث تـشرب infused البروبيونـات والأحمـاض الأمينيـة غيـر الأساسـية فـي المجترات التـي تتغـذي لمحاكـاة mimic الزيـادة فـي امتـصاصها، انتـاج جلوكـوز الكبـد لا يتغيـر ويقـل ازالـة لاكتـات الكبـد. ومـع ذلـك ، فـي مرحلـة انتـاج اللـبن المبكـر فـي أبقـار الحليـب تـشرب كـازين المنفحـة لمـدة سـتة أيـام يزيـد انتـاج جلوكـوز الكبـد، ولكـن تـشرب مخلـوط الاحمـاض الأمينيـة الحـرة يعطـي نفـس كميـة الأحمـاض الأمينيـة الأساسـية يـؤدي الـى زيـادة مماثلـة فـي تحـرر جلوكـوز الكبـد ، هـذه تقتـرح الاسـتجابة لتشرب الكازين ولا تعزي الي تشرب الأحماض الأمينية غير الأساسية.

انتاج جلوكوز الدم قد يزيد خلال تأثيرات مباشرة للأحماض الأمينية الأساسية علي ميتابوليزم الكبد أو غير مباشر خلال زيادة احتياجات الجلوكوز في أنسجة أخري ناتجه من احتياط او تدبير احتياطيprovision المخلوط المتزن للأحماض الأمينية الأساسية في هذا الشأن، انتاج يوريا الكبد يقل عند امتصاص مخلوط من الأحماض الأمينية الأساسية، يوضح تحسين الاستخدام الكلي العام للأحماض الأمينية، علي النقيض، تشرب وريد المساريقا لمخلوط الأحماض الأمينية الحرة غير الأساسية يكون مساوي بالمقارن ببروتين اللبن يسبب زيادة كبيرة في إنتاج يوريا الكبد وقلة محصول اللبن وتركيب البروتين في الابقار التي تتغذي علي عليقة منخفضة البروتين في مرحلة انتاج اللبن المبكرة، في نفس الأبقار يكون تشرب الأحماض الأمينية يعطي الأحماض الأمينية الأساسية والكلية في بروتين اللبن ويزيد محتوي بروتين اللبن ومحصولة. التشرب لا يزيد انتاج جلوكوز الكبد معنويا . رغم أن الأحماض الأمينية غير الأساسية تكون دون شك مصادر كربون مهمة لتكوين جلوكوز الكبد، واستخدامهم يعتمد علي امداد مناسب ومتزن للأحماض الأمينية الأساسية.

مثل أنسجة كبيرة PDV، يصاحب المعدل العالي لميتابوليزم الكبد بمعدل عالي لإعادة تكوين البروتين protein turnover وبالتالي يحتاج الكبد لاحتياجات معتبره من الاحماض الأمينية لتكوين مكونات البروتينات الأساسية. بالإضافة، تخدم الكبد ازالة وادارة المخلفاتwaste management ولها دور في إدارة ميزان النيتروجين، إزلة AA الممتصة في زيادة الاحتياجات وبالتالي انتاج يوريا وتتأكسد أو تفرغ الهيكل الكربوني لها. لأحماض أمينية كثيرة معتمدا علي حالة البروتين في الحيوان ، تمثل ازالة الكبد الصافية جزء مادي واقعي للكميات الممتصة بواسطة PDV علي الأساس الصافي ، مثال ، نسبة ازالة الكبد الصافية إلي تحرر PDV الصافية للأحماض الأمينية المنفردة والمزالة بواسطة الكبد ممكن تختلف من صفر إلي أكثر من ١٠٠%، متضمنا implying في حالات كثيرة أجزاء صغيرة فقط من الأحماض الأمينية الممتصة تصل الأنسجة الخارجية periphery ومع ذلك، معدل استخلاص الكبد الكلي قد تتراوح من أقل من ١ الي ٢٠% فقط. تمثل نسبة الاستخلاص الكمية المزالة كنسبة مئوية للأمداد الكلي في الدم الشرياني والوريدي البابي.

وعلي الأساس الكلي والصافي، كميات AA الممتصة تكون صغيرة نسبيا مقارنة مع الأمداد الكلي الشرياني الي PDV، ولهذا أغلبية AA الموجودة في الدم الوريدي البابي يعاد دورانها الي PDV والكبد في الدم الشرياني . بينما كمية AA الصافية مثل حمض أميني الانين Ala المزالة بالكبد قد تكون متساوية أو أكبر من الكميات الممتصة، جزء صغير فقط من حمض أميني الانين Ala الممتص يزال في المرور الأول first-pass خلال الكبد والكمية المزالة تكون مرتبطة جدا مع التركيز الشرياني. بعد ٢٤ ساعة تشرب وريد المساريقا يمثل ضعف الامتصاص الصافي للحمض الأميني Ala عبر PDV، الزيادة في إزالة Ala الكبد الصافي يساوي٨٢% تشرب Ala. هذه الزيادة في إزالة Ala كانت مصاحبة بضعف تركيز Ala الشرياني، ولكن لاتغير في نسبة استخلاص الكبد. هذه الاستجابة لإضافة Short –term قد لا تعكس استجابة longer term ، بسبب أن دوره اليوريا تستغرق أيام للأقلمة للتغيرات في دخول وفي خروج النيتروجين nitrogen in put or out put.

فـي الأبقـار الحلابـة، تـشرب الكـازين فـي المنفحـة لمـدة سـتة أيـام يزيـد مـن إزالـة الكبـد لمعظـم AA وللعديـد مـن الأحمـاض الأمينيـة، الزيـادة فـي إزالـة الكبـد كـان أكبـر مـن الكميـة المتـشربة، ولكـن التركيـزات الـشريانية لجميـع AA المقـدرة زادت. فـي هـذه الحالـة، كـل مـن نـسبة أو معـدل إزالـة الكبـد الـصافي إلـي تحـرر PDV الـصافي ونـسبة استخلاص الكبد الكلي زادت لمعظم AA المقدرة بإمداد AA مضافة إلي مخزن الدم blood pool زيادة عن الاحتياجات.

جدول رقم (٤٧): Arterial concentration (µM) and net liver removal of amino acids as a percentage of net PDV release or total supply in early-lactation dairy cows (Reynolds et al., 1999) after 6-d abomasal ifusion of water or 800g casein protein/d.

	Aeterial concentration		Net liver removal			
			% of PDV		% of Supply	
Amino acids	Water	Cesein	Water	Cesein	Water	Cesein
Ala	325	247	62	98	10	20
Lys	94	116	30	62	10	21
Met	15	21	42	69	11	20
Phe	51	58	39	76	5	12
EAA[a]	1.132	1.443	-21[d]	41	-2[d]	5
NEAA[b]	1.166	1.315	51	87	7	15
TAA[c]	2.298	2.758	22	68	3	10

[a]Essential amino acids measured.
[b]Nonessential amino acids measured.
[c]Total amino acids measured.
[d]Negative value reflects net liver release of total EAA as a consequence of the net release of branched-shain AA.

امداد الأنسجة مقابل الاحتياجات: Tissue supply VS requirement

فـي الكبـد وأنـسجة الجـسم الأخـرى، تقـدر كميـة ونمـوذج الإمـداد وعلاقتهـا بالاحتياجـات جزئيـة إسـتخدام AA بـين عمليـات البنـاء والهـدم. فـي الأبقـار الحلابـة، التـي تتغـذي علـي ثـلاث مـستويات مـن كـسب فـول الـصويا المحمـي بـالكرش. Rumen-protected soybean meal. زيـادة إمـداد البـروتين تزيـد تركيـزات AA الـشرياني خطيـا ، ولكـن محـصول بـروتين اللـبن وازالـة الأحمـاض الأمينيـة الأساسـية الـصافية للغـدة اللبنيـة تـستجيب خطـا منحنيـا responded curvilinearly ويصل إلي البلاتو (مرحلة الاستقرار plateau) عند المستوي المتوسط للبروتين المأكول.

إسـتجابه بـروتين اللـبن وبالتـالي ازالـة AA بواسـطة الغـدة اللبنيـة لـم تقـدر وحيـدة بواسـطة امـداد AA. بالإضـافة، اسـتخدام AA خـلال الغـدة اللبنيـة يختلـف ايـضا مـع الامـداد وعلاقتـه مـع الاحتياجـات، هـذا يـتم ايـضاحه بإسـتجابة اكـسدة حمـض امينـي ليوسـين leu الغـدة اللبنيـة فـي المـاعز. مثـل جـزء ازالـة leu الكلـي، اكـسدة حمـض امينـي leu الغـدة اللبنـة يزيـد عنـد زيـادة مـستوي بـورتين العليقـة ويقـل. عنـد تـشرب مخلـوط الأحمـاض الأمينيـة الأساسـية الخـالي مـن leu داخـل الأوردة مؤديـا حالـة نقـص lue. تـم تقـدير إمـداد العناصـر الغذائيـة للغـدة اللبنيـة بكـل مـن تيـار الـدم وتركيـزات العناصـر الغذائيـة ، ولكـن اسـتخدام الغـدة اللبنيـة للأحمـاض الأمينيـة المـضافة يقـدر بواسـطة ميـول طبيعيـة propensityفـي الغـدة لتكـوين البـروتين. يقـدر تيـار الـدم بنـشاط الغـدة التمثيلـي ولكـن يزيـد الاسـتجابة لـنقص العناصـر الغذائيـة nutrient deficit في دراسـة أخـري علـي المـاعز الحـلاب، حـدوث حالـة نقـص حمـض أمينـي هـستدين HIS تزيـد تيـار الـدم إلـي الغـدة مثـل نـسبة اسـتخلاص الهـستدين His إلـي المـدي الـذي يجعـل دم وريـد الغـدة اللبنيـة واقعيـا خالي من الهستدين His .

الاستنتاج : Conclusions

رغـم العديـد مـن أفعـال الخدمـة والنـشاط التمثيلـي الحـاد intense تـضبط الـضريبة/الرسـوم بأنـسجة المجتـرات الاحـشائية ولا يـصدر أمـر امـداد العناصـر الغذائيـة إلـي الأنـسجة الـسطحية إلـي المـدي المقتـرح بقياسـات الامتـصاص الـصافي للعناصـر الغذائيـة. أظهـرت قياسـات التمثيـل احـادي الاتجـاه unidirectional أن احتياجـات هـذه الأنـسجة مـن العناصر الغذائية تقابل لحد كبير خلال الدفع الداخلي القادم من الدم الشرياني .

تخفـي إزالـة العناصـر الغذائيـة مـن الـدم الـشرياني معـدل الامتـصاص الحقيقـي لعناصـر غذائيـة كثيـرة. وهـذا حقيقـي خاصـة للأسـتات BOHB، الجلوكـوز، معظـم AA الأحمـاس الامينيـة الأساسـية. تتمثـل VFA ketogenic والبروبيونـات خـلال المـرور الامتـصاصي خـلال الخلايـا الخارجيـة الظاهريـه للقنـاة الهـضمية والكبـد ولكـن يعـاد تركيبهـا

اساسا الي BOHB أو جلوكوز وتجعله متاح للأعضاء والانسجة الخارجية. أكثر من أمر امداد العناصر الغذائية للأنسجة الخارجية ، مثل باقي أنسجة الجسم تؤدي draw on إلي احتياطات متاحة من مخزون الدم.

المفهوم الضمني: Implications

التمثيل المناسب لتوزيع العناصر الغذائية خلال تيار الدم وتنظيم تركيزات العناصر الغذائية في الدم يكون ضرورياً لتطورات الموديلات والنماذج لاستخدام العناصر الغذائية الممتصة . يقدر تيار الدم والاستخدام اللانهائي للعناصر الغذائية اساسا بواسطة النزعة الطبيعية للأنتاج the propensity for production وتؤدي الي احتياجات الأنسجة، بينما تقدر القدر التمثيلي للعناصر الغذائية الممتصة باحتياجات الانسجة نسبيا بعلاقتها مع الامداد من العليقة لهذا يكون الحاجة الي أدلة الحيوان المتخصصة للقدرة الانتاجية animal specific indicators of productive capacity متوقف على التوقع الدقيق لتمثيل العناصر الغذائية الممتصة.

(٤) الإنزيمات ENZYMES

مقدمة: Introduction

عرفت الإنزيمات عام ١٨٣٨م وكان يطلق عليها في ذلك الوقت اسم Ferment أي ما يسبب التخمر Fermentation وبعد ذلك أطلق عليها العالم Kuhun سنة ١٨٧٨م اسم الإنزيمات أي معناها في اليونانية " في الخميرة " In yeast إذ أمكن عمل مستخلص من الخميرة يسبب عملية التخمر. وكان يعتقد قبل ذلك أنه لا بد من وجود خلايا الخميرة حية لكي تسبب التخمر.

- ثم جاء العالم Fisher سنة ١٨٩٤م واكتشف نظرية تخصص الإنزيم.
- وفي عام ١٩٢٨م تمكن summes من الحصول علي أول إنزيم في حالة بللورية تم فصل بعد ذلك العديد من الإنزيمات في حالة نقية (متبلورة أو غير متبلورة) وخاصة إنزيمات هضم البروتينات ثم إتجه بعد ذلك إلي الإهتمام بالإنزيمات الداخلية بالخلية. واتجه الإهتمام بعد ذلك إلي دراسة التركيب الكيميائي للإنزيمات وثبت أنها عبارة عن بروتينات ذات وزن جزئي مرتفع وأنها تتأثر بالحرارة وأمكن معرفة ترتيب الأحماض الأمينية في الجزئ ودرست الروابط الببتيدية وكيفية إتحاد السلاسل الببتيدية مع بعضها.

تعريف الإنزيم – ماهية الإنزيم؟what's the enzyme

يمكن تعريف الإنزيم بأنه عبارة عن: بروتينات أو مركبات عضوية ذات وزن جزيئي مرتفع– وتعمل كعوامل مساعدة في الكائنات الحية – وتفرز بواسطة خلايا الكائنات الحية– ولكن لها القدرة علي التفاعل مستقلة عن الخلايا التي تفرزها – ولها خاصية التخصص الشديد– وتقتل أو يقف نشاطها بواسطة الحرارة.

تسمية الإنزيمات Enezymes nomenclature

- تسمي الإنزيمات عادة باسم المادة التي يؤثر عليها الإنزيم مضافا إليها المقطع (ase) ومثل ذلك إنزيم المالتيز maltase الذي يقوم بالتحليل المائي لسكر المالتوز Maltose.
- وتسمي باسم التفاعل الذي تقوم به مضافا اليه مقطع ومثال ذلك الإنزيم الذي يؤكسد حامض الأسكوربيك فيسمي Ascorbic acid oxidize .
- وفي بعض الأحيان يعطي للإنزيم إسم ليس له علاقة باسم المادة أو التفاعل الذي يقوم به ومثال ذلك إنزيم البيسين pepsin وانزيم التريسين Trypsin وهما من إنزيمات التحلل المائي للبروتينات.

  والإنزيمات عبارة عن عوامل مساعدة نشطة وهي عموما سريعة المفعول ومقدار قليل جدا منها يكفي للتفاعل. فلقد وجد أن جزئ واحد من الإنزيم يمكن أن يحول حوالي ٣٠٠–٤٠٠ جزئ من المادة المتفاعلة substrate في الثانية الواحدة في درجة حرارة الجسم. وهي عادة تعمل في وسط معين وتصبح غير فعالة إذا حدث تغيير في الوسط.
- والإنزيمات عادة تساعد علي اتمام تفاعلات لا يمكن بالطرق الكيميائة المعروفة عملها. فمثلاً نجد أن بعض المركبات التي لا تتأثر بالغليان بواسطة حامض النيتريك المركز تتحلل بسهولة جدا بواسطة الإنزيمات علي درجة الحرارة العادية.
- وتعمل الإنزيمات عن طريق إتحادها مع المادة المتفاعلة الخاصة specific substrate فتجعلها في حالة نشطة وقادرة علي التحول إلي ناتج التفاعل المفروض بواسطة الإنزيم.
- واتحاد الإنزيم مع المادة المتفاعلة يكون بطريقة مختلفة وخاصة. فهو متخصص جداً علي مادة معينة أو روابط معينة highly specific ويكون عادة إتحاد ضعيف ينتهي عند ظهور ناتج التفاعل وعادة يكون لكل تفاعل إنزيم معين (أي أن الإنزيم له مادة تفاعل خاصة به فقط وليس علي مادة تفاعل قريبة الشبه بها من الناحية الكيميائية أو الطبيعية).
- والمعروف عن الإنزيمات أنها تعمل تفاعلات عكسية (أي أنها تتحد مع وتنشط المادة الناتجة في التفاعل الأصلي كما تتحد مع المادة الداخلة في التفاعل الأصلي) فمثلاً عندما يوجد تفاعل مزدوج بواسطة نوعين من الإنزيمات يشترك بينهما مادة تفاعل واحدة فيكون ناتج التفاعل الأول هو المادة الداخلة substrate في التفاعل الثاني.

  ويوجد نوعين من التفاعلى المزدوج Substrate linked reaction :

  ١– التفاعل الذي يأخذ فيه الإنزيم الثاني المادة الناتجة من التفاعل الأول كمادة داخلة في التفاعل substrate وتحولها إلي مادة جديدة (أي أنها هي همزة الوصل) فمثلا: A يتحول إلي B بواسطة إنزيم معين ثم B تتحول إلي C بواسطة إنزيم ثاني فهمزة الوصل هنا هي المادة B التي تشترك مع التفاعل الأول كمادة ناتجة من التفاعل وتشترك في التفاعل الثاني كمادة داخلة في التفاعل.

  ٢– هو التفاعل الذي يرجع الإنزيم الثاني ما عمله الإنزيم الأول في المادة الداخلة في التفاعل. فمثلا: إذا كان الإنزيم الأول يختزل التفاعل فإن الإنزيم الثاني يؤكسده أو إذا كان الإنزيم الأول يعطي مجموعة فوسفات فإن الثاني يأخذ مجموعة الفوسفات وهكذا ....

والفرق بين النوع الأول والنوع الثاني من التفاعل المزدوج هو أنه في النوع الأول تكون مادة همزة الوصل linking substrate عبارة عن مادة دخلت في التفاعل لتكوين مادة جديدة في سلسلة التفاعلات المختلفة كما في حالة التمثيل الغذائي. أما النوع الثاني فإن مادة الوصل linking substrate هي مادة غير داخلة في التفاعلات التمثيلية وتبقي كما هي بعد إنتهاء التفاعل ولا تتحول إلي مادة أخري فهي مادة ناقلة للأيدروجين مثلاً hydrogen carrier بين A و C.

الفرق بين الإنزيمات والعوامل المساعدة differences between enzymes and co- factors

العامل المساعد : يؤثر علي سرعة التفاعل الكيميائي دون أن يظهر في التفاعل ويبقي كما هو بعد نهاية التفاعل ولا يؤثر علي كمية الناتج وكمية بسيطة منه تؤثر علي سرعة التفاعل وعلي كمية كبيرة من المادة ويختلف عن الإنزيم في الآتي:

جدول رقم (٤٨) :

العامل المساعد Co-factor	الإنزيم Enzyme
١- مادة عضوية أو غير عضوية	بروتين
٢- غير شديد التخصص	شديد التخصص
٣- لا يتأثر بالحرارة أو ال pH	يتأثر بالحرارة وال pH
٤- لا يحتاج لمواد أخري لمساعدته	يحتاج لمواد أخري مثل Co-enzymes وغيرها

تخصص الإنزيمات Specificity of enzymes :

تخصص الإنزيم هي من أهم الصفات التي يتصف بها جزئ الإنزيم. ومعني التخصص هو أن يكون عمل الإنزيم مقصوراً علي نوع واحد من المركبات أو نوع معين من التفاعلات الخاصة به. ولذلك فإن التخصص للإنزيمات هو العامل الأساسي في ترتيب سلسلة التفاعلات المعقدة فمثلاً: عملية تخمر الجلوكوز بواسطة الخميرة لإنتاج الكحول يحتاج إلي أكثر من عشرة إنزيمات مختلفة. هذا وينقسم تخصص الإنزيمات إلي الأقسام الآتية:

١-تخصص بالنسبة للتشابة الضوئي Steriochemical specification:

والأمثلة علي ذلك كثيرة فمثلاً: إنزيم Arginase الذي يحلل الحامض الأميني الأرجينين Arginine لينتج Urea و Ornithine.

هذا الإنزيم متخصص في نوع واحد من المواد التي تحتوي علي ذرات كربون غير متناسقة مما يسبب في وجود نوعين منهما فهو متخصص للنوع (Levo) L وليس للنوع (Dextro) D.

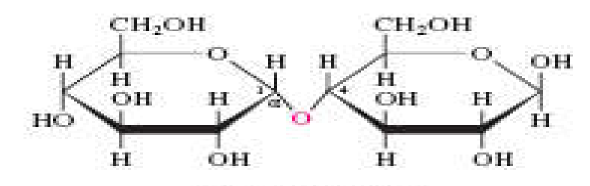
- وكذلك إنزيم Lactic dehydrogenase الذي يعمل علي المشابه الضوئي D- lactic ولا يعمل علي المشابه الضوئي L- lactic.

٢-تخصص بالنسبة للتركيب الكيماوي Chemical structure specification

يوجد ثلاثة أنواع من هذا التخصص.

أ- هناك إنزيمات لها علاقة كبيرة بنوع الرابطة فقط (فأي جزئيين يتحدان بنفس نوع الرابطة يمكن للإنزيم أن يعمل عليها) ويطلق علي هذا النوع من التخصص Low specify وهو قليل الوجود نسبياً.

ب-هناك إنزيمات لها علاقة بنوع الرابطة وأحد المواد الداخلة في التفاعل ومن أمثلتها: إنزيم المالتيز Maltase في الأمعاء الذي يعمل علي الرابطة الجليكوسيدية من النوع الفاجلوكوسيد + جزيئ جلوكوز وبذلك يمكن أن يحلل جزيئ سكر المالتوز لأن تركيبه عبارة عن جزيئين من سكر الجلوكوز المرتبطين بواسطة رابطة جليكوسيدية من النوع ألفا وكذلك يمكن لهذا الإنزيم أن يحلل ميثايل الفا(م) جلوكوبيرانوسيد.



β anomer of maltose
(α-D-Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranose)

ج- إنزيمات لها علاقة بنوع الرابطة ولا بد من وجود جزيئين معينين حول الرابطة (فإذا تغير أحدهما أو كلاهما فلا يمكن للإنزيم أن يعمل). ويطلق علي هذا النوع من التخصص Absolute specify ومن أمثلة هذا النوع إنزيم المالتيز والموجود في بذور الشعير والذي لا يؤثر إلا علي مركب به رابطة جليكوسيدية من النوع الفا + جزيئين من الجلوكوز علي طرفي

الرابطة. وهناك أمثلة أخري علي هذا النوع من التخصص الإنزيمي، وفي واقع الأمر فإن هذا النوع هو الشائع جداً بين الإنزيمات ونذكر منها:-

إنزيم Succinic acid dehydrogenase الذي يختص بتفاعلات نزع الهيدروجين من حمض السكسنيك Succinic acid فقط ولا يتم التفاعل مع حامض المالونيك Malonic acid والذي يتشابه تشابها شديدا جدا مع حامض السكسينك من ناحية تركيبه الكيميائي.

العوامل التي تؤثر علي التفاعلات الإنزيمية kinetics of enzymes

١- درجة الحرارة Temperature:

معظم التفاعلات الكيميائية تتأثر بالحرارة حيث أنها تزيد من سرعة معظم التفاعلات الكيميائية وعموما فإن التفاعلات الإنزيمية تسلك إلي حد ما مسلك التفاعلات الكيميائية بتأثرها بالحرارة ولكن إلي درجة معينة حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلي قتل الإنزيم ويصبح غير فعال Inactive ويرجع ذلك إلي حدوث تغير طبيعي في جزيئ البروتين المكون للإنزيم Denaturation ويثبت ذلك أن الإنزيمات عبارة عن بروتينات ، ولكل إنزيم درجة حرارة معينة يكون فيها أنشط ما يمكن وتسمي هذه الدرجة بدرجة الحرارة المثلي optimum temperature .

ودرجة الحرارة المثلي لمعظم الإنزيمات تقع ما بين ٣٧-٤٠^{O}م أما الدرجة التي توقف عمل الإنزيم Thermal inactivation of the enzyme فتقع ما بين ٧٠-٨٠^{O}م.

وتفقد الإنزيمات حيويتها إذا ما فقدت مفعولها بواسطة الحرارة ولو أن بعض الإنزيمات مثل التربسين Trypsin أمكن من أن يستعيد حيويته ثانية بعد فقد نشاطه بالحرارة.

٢- درجة الحموضة pH :

من المعروف أن حيوية أي إنزيم تكون أنشط ما يمكن علي درجة حموضة pH خاصة. وهذه تسمي بالدرجة المثلي للحموضة Optimum pH.

وأي زيادة في درجة الحموضة pH علي كلتا الجانبين (حموضة كانت أو قلوية) عن درجة الحموضة المثالية Optimum pH تؤدي إلي حدوث تجلط للبروتين الموجود بالإنزيم أو تغير في طبيعة الداخلية Denaturation ويصبح بذلك عديم الذوبان ولا يمكن عودته ثانية إلي حالة الذوبان الطبيعية. ولكن عند درجة الحموضة المثالية نجد أن الإنزيم يبقي في حالته الطبيعية ويكون بروتينه في حالة ذائبة وبذلك يحتفظ بحيويته لمدة طويلة.

٣-تركيز المادة الداخلة في التفاعل علي سرعة التفاعل:

تزداد سرعة التفاعلات الإنزيمية كلما زادت كمية ال substrate حيث تقف عند حد معين لا يزيد فيه سرعة التفاعل مهما أضيف كمية أكبر من substrate وهذا يرجع إلي أن الإنزيم يتحد مع substrate لتكوين مركب وقتي يتحلل بعد ذلك إلي نواتج التفاعل + الإنزيم.

وعلي ذلك فعندما تكون كمية المادة المتفاعلة صغيرة يمكن للإنزيم أن يتحد معها كلها ويكون المركب الجديد وبإضافة كمية كبيرة من المادة المتفاعلة فإن ذلك لا يؤثر علي سرعة التفاعل لأن سطح الإنزيم والذي يمكنه أن يأخذ المادة المتفاعلة يكون كامل الإمتلاء بال substrate وسطح الإنزيم له القدرة علي تكوين مركب وسطي مع كمية معينة فقط من المادة المتفاعلة ثم يتحلل هذا المركب إلي نواتج التفاعل وبزيادة المادة المتفاعلة نجد أن سرعة التفاعل لا تزيد إلا بنسبة معينة ثم تقف.

٤-تأثير تركيز الإنزيم علي سرعة التفاعل:

تزداد سرعة التفاعل reaction velocity بزيادة تركيز الإنزيم عن تركيز substrate وذلك لأن المساحة الموجودة علي سطح الإنزيم ستزداد وبذلك يمكن أن تلتصق كمية كبيرة من المادة المتفاعلة علي سطح الإنزيم لتكوين المركب الوقتي.

٥-تأثير وجود المثبطات علي سرعة التفاعل:

يقف عمل الإنزيمات بواسطة العديد من المركبات الكيميائية علاوة علي العوامل الفيزيائية physical factors كالحرارة والرج الشديد والتعرض للأشعة فوق البنفسجية وغيرها وكل ذلك يؤدي إلي حدوث تغير طبيعي في جزيئ البروتين وبذلك يفقد حيويته.

ولقد وجد أن الكثير من المرسبات التي ترسب البروتينات تؤدي إلي وقف نشاط الإنزيم. وهناك نوعان من المثبطات:-

أ- مثبطات منافسة Competitive inhibitors

ب-مثبطات غير منافسة Non competitive inhibitors

أولاً: المثبطات المنافسة Competitive inhibitors

وهذا النوع من المثبطات كان يطلق عليه بالمثبطات العكسية (أي أن نشاط الإنزيم يمكن أن يعود بعد زوال تأثير المثبط) ولكن هذه التسمية لا تكون حقيقية (غير دقيقة) ذلك لأن المثبط غير المنافس بعد زواله أيضا في بعض الأحيان يمكن أن يعاود الإنزيم نشاطه وحيويته مرة ثانية. ومن أمثلة هذا النوع من المثبطات(أي المثبطات المنافسة) Succinic acid

dehydrogenase والذي يحول حامظ السكسينيك Succinic acid إلي حامض الفيوماريك Fumaric acid ولكن بإضافة حامض المالونيك Malonic acid يعمل كمثبط منافس competitive inhibitor ذلك لأن تركيبه الكيميائي يشابه تركيب حامض السكسينيك (حيث أن كل منهما عبارة عن حامض ثنائي الكربوكسيل Dicarboxylic acid.



Succinic acid Malonic acid

فنجد أن حامض المالونيك Malonic acid يمكن أن يتحد مع الإنزيم مثل حامض السكسينيك Succinic acid ولكن الفرق بينهما أن المركب المتكون من حامض السكسينيك والإنزيم يمكن أن يتحلل ويعطي ناتج التفاعل بينما المركب المتكون من حامض المالونيك والإنزيم لا يتحلل ويبقي كما هو وبذلك يعطل وجود الإنزيم علي حالة حرة نشطة وتقف عليه تحويل حمض السكينيك إلي حمض فيوماريك.
ولو كان كل من المركبين المتشابهين كيميائيا يتحدان مع الإنزيم علي نقط إرتكاز مختلفة لكان من السهل لكل منهما أن يتحد مع الإنزيم علي النقط الخاصة به ولكن نظراً لوجود منافسة بينهما يؤكد أن إتحادهما مع الإنزيم يكون علي نفس النقط بالضبط.
ومن المعروف أن الإنزيم يتحد مع ال substrate عند نقطة خاصة فإذا كانت هذه النقط الخاصة لإرتكاز المادة علي الإنزيم غير حرة نتيجة لإتحادها مع مركب آخر فإن المادة نفسها لا يمكن أن تتحد في أي وضع آخر مع الإنزيم وبهذا لا يتكون المركب الجديد بين الإنزيم وال substrate ويقف التفاعل.

ثانيا: المثبطات الغير منافسة Non competitive inhibitors

وهذا النوع من المثبطات يؤثر علي الإنزيم عن طريق فصل المجموعة الفعالة أو ترسيبها من الإنزيم كما في حالة تأثير سيانيد البوتاسيوم potasium cyanide علي إنزيم ascorbic acid oxidize فهي ترسب مجموعة النحاس الموجودة في الإنزيم وينتج عن ذلك عدم حيويته وبإضافة كمية من أيونات النحاس للمحلول بعد التخلص من سيانيد البوتاسيوم يمكن أن تعود إلي الإنزيم حيويته.
ومعظم المثبطات غير المنافسة يتحد مع الإنزيم مثل المثبطات المنافسة ولكن إتحادها معها الإنزيم يكون عند نقطة مختلفة من نقط إرتكاز ال substrate علي الإنزيم ومع ذلك يمكن للمثبط أن يوقف عمل الإنزيم مع أنه متحد علي نقط بعيدة عن نقط إرتكاز ال substrate ومن أمثلة هذا النوع: إضافة الحامض الأميني الليسين Lysine إلي إنزيم الأرجينيز Arginase فيقف نشاطه.
وعموما فالمثبط غير المنافس يكون تركيبة الكيميائي مختلف عن المادة المتفاعلة.
ويوجد أنواع أخري من المثبطات وهي جميع المواد التي تعمل علي تجلط البروتين أو تغير في طبيعته Denaturation مثل ثالث كلوريد حامض الخليك واليوريا وهذه الأنواع غير مختصة لأي نوع من الإنزيمات ويكون تأثيرها غير عكسي أو عكسي فمثلا بعض أنواع المثبطات مثل مركب P.chloromercuribenzoate نجد أنه يؤثر علي الإنزيمات ويوقف عملها ولكن بإضافة مركب (حامض السيستئين) Cysteine يزول عمل هذا المثبط ويصبح الإنزيم فعال ثانية ويمكن تفسير ذلك بأن هذا المركب يتفاعل فقط مع مجموعة السلفا هيدريل(SH) ولكن بإضافة Cysteine الذي يحتوي علي مجموعة السلفا هيدريل هذه فتحد هذه المجموعة (SH) مع المركب المثبط ويبقي الإنزيم علي حالة حرة نشطة.

- ويوجد نوع جديد من المثبطات يسمي Uncompetitive وهذا النوع يتحد مع المركب المؤقت المتكون بين الإنزيم + substrate وليس مع ال substrate فقط فعند تكوين المركب الناتج من إتحاد الإنزيم مع ال substrate يتحد به uncompetitive inhibitor ويمنعه من التحلل إلي إنزيم + نواتج التفاعل المختلفة.

٦- المنشطات وتأثيرها علي سرعة التفاعل الإنزيمي:

تعمل بعض الأيونات غير العضوية كمنشطات للنظام الإنزيمي فمثلا تزداد فاعلية إنزيم التيالين Ptyaline والموجود في اللعاب بوجود أيونات الكوريد وكذلك تزداد فاعلية إنزيم الفوسفاتيز Phosphatase بواسطة أيونات الماغنسيوم وفاعلية إنزيم الأرجينيز Arginase بواسطة أيونات المنجنيز. وقد وضعت نظريات عديدة لشرح ظواهر هذه المنشطات وهي:-

أ- قد يساعد المنشط علي إستحلاب المواد الدهنية وبذلك تزداد مساحة أسطحها الملامسة للإنزيم وهذا يفسر منشطات إنزيم الليبيز lipase حيث يكون الإنزيم في الجانب المائي منفصلاً عن جانب المادة الزيتي.

ب-قد يؤثر المنشط علي substrate ويجعلها أكثر تفاعلاً مع الإنزيم فمثلا وجد أن عته الملابس تفرز إنزيم مع منشطة الطبيعي وهما معا يحدثان تحلل الصوف ويلاحظ أن الإنزيم لا يستطيع أن يحلل الصوف في غياب المنشط.

ج- يوجد كثير من المنشطات التي تثبت أو تحمي مجموعات في الإنزيم لازمة لتفاعله مع ال substrate فمثلا: إنزيمات التحلل الفوسفوري Phosphorylation تحتاج إلي وجود منجنيز وقد يكون الدور الذي تلعبه أيونات المنجنيز هي أن تهيئ الطريقة المثلي لإتحاد الإنزيم مع ال substrate أو بمعني أخر أن بروتين الإنزيم لا يتحد مع ال substrate إلا في وجود أيونات المنجنيز والذي يعتبر جزئ فعال في نشاط تكوين المركب الوقتي بين الإنزيم وال substrate.

د- يرجع كثير من تأثير المنشطات إلي فعلها الواقي أو بمعني أخر أن المنشط الإنزيمي يمنع فعل بعض سموم الإنزيمات. فلقد وجد أن البروتينات والأحماض الأمنية والشموع وكبريتور الهيدروجين تعوض الفعل الضار الناشئ عن وجود آثار من المعادن الثقيلة في الماء المقطر علي إنزيم اليوريز urease الذي يحتاج نشاطه إلي وجود مجموعات السلفاهيدريل SH الحرة وهو في هذه الخاصية يشبه كثير من الإنزيمات الأخري.

قرائن الإنزيمات Co-enzymes

لا بد من التفرقة بين ثلاثة ألفاظ مستعملة في مجال كيمياء الإنزيمات وهي:

١- Co-enzymes:

ويطلق علي المركب الذي لا يكون جزء من الإنزيم وليس له علاقة بتركيبه نهائياً ويختلف عن الإنزيم في أنه ذو وزن جزيئي صغير نسبياً عن الإنزيم ويمكن له أن يمر في الأغشية شبه المنفذة ويتحمل درجة الحرارة بعكس الإنزيمات.

٢-Prosthetic group:

هو جزئي مهم في تركيب الإنزيم نفسه ولا يمكن فصله ولازم لعمل الإنزيم وإذا فصل عنه يفقد الإنزيم حيويته وقد تكون هذه المجموعة الفعالة عبارة عن معدن ولكن يدخل في تركيب الإنزيم.

٣-Activators:

هي عبارة عن مواد مختلفة تزيد سرعة التفاعلات الإنزيمية عند إضافتها إلي الإنزيم ولكن لا تدخل في تركيب الإنزيم. وهي عموماً عبارة عن معادن مختلفة كالنحاس والمنجنيز وغيرهما وقد تكون مثل HCl مع إنزيم pepsinogen.

قرائن الإنزيمات Co-enzymes

هي مركبات معقدة غير بروتينية ولها دور هام في التفاعلات الكيميائية الإنزيمية ولكنها لا تدخل ضمن تركيب الإنزيم (أي أنها توجد علي حالة غير مرتبطة مع بروتين الإنزيم ويتم عمل هذه الإنزيمات المعاونة مع إنزيمات مختلفة البروتين) فقد تقوم بجزء من العمل مع بروتين أحد الإنزيمات ثم تتم عملها مع بروتين إنزيم ثاني ويوضح ذلك إستقبال مجموعة من أحد المركبات في وجود إنزيم وإدخالها في مركب ثاني عن طريق نفس الإنزيم المعاون ولكن في وجود بروتين إنزيم أخر.

وتساهم العوامل المعاونة للإنزيمات Co-enzymes (وفي وجود الجزء البروتيني للإنزيمات) في إتمام تفاعلات مختلفة حيث تعمل علي تنشيط الجزيئات أو تقوم بدور المستقبل أو الناقل transfer او المعطي donner للمجموعات الكيميائية من مركب إلي اخر.

فعلي سبيل المثال: نقل مجموعات الفوسفات أو الميثايل أو الأمين أو مثل إستقبال أو نقل أو إعطاء الإلكترونات والبروتونات وذرات الهيدروجين في عمليات الأكسدة والإختزال وبعضها تعمل في تخزين الطاقة.

أنواع ومكونات قرائن الإنزيمات
Types and components of Co-enzymes

يمكن تقسيم قرائن الإنزيمات (الإنزيمات المعاونة) إلى أنواع مختلفة على حسب تركيبها الكيميائي إلى ما يلي :

١– قرائن إنزيمية مكونة من نيكليوتيدات أحادية أو ثنائية

وهذه تنقسم إلى :–

* قسم يحتوى على مجموعة فيتامين (وغالباً ما يكون فيتامين ب)
* قسم لا يحتوى على الفيتامين ضمن تركيبه .

* وتتكون قرائن الإنزيمات التي لا يدخل في تركيبها الفيتامين من نيكليوسيد ثلاثي الفوسفات (Necloside triphosphate) مثل يوريدين ثلاثي الفوسفات (Uridine triphosphate) وأدنين ثلاثي الوسفات (Adenosine triphosphate). وهي تعمل على تنشيط الجزئيات بإرتباطها معها قبل دخولها في التفاعلات فينشط اليوريدين ثلاثي الفوسفات السكرات الأحادية أثناء التخليق الحيوي السكرات الأوليجو والسكرات العديدة وينشط الأدنين ثلاثي الفوسفات (ATP) الأحماض الأمينية أثناء التخليق الحيوي للبروتينات.

فوسفات الأدينين Adenosine phosphate

تعتبر مركبات أدنين أحادي وثنائي وثلاثي الفوسفات (AMP, ADP, ATP) قرائن إنزيمات ناقلة لمجموعة فوسفات. وقد وجدت هذه المركبات في جميع خلايا الجسم للأحياء الحيوانية والنباتية والبكتريا. وقد إكتشف مركب ATP بواسطة Lahman ١٩٢٨ وقد وجد أنه يمكن أن يفقد مجموعة فوسفات ويتحول إلى ADP وهو الآخر يتحول إلى AMP بفقد مجموعة فوسفات أخري، وقد فصلت هذه المركبات بواسطة الفصل الكروماتوجرافي.

Adenosine tripohsphate (ATP)

أولا: الإنزيمات المعاونة النيكليويتدية المحتوية على أحد أنواع الفيتامينات

١– مركبات NAD , NADP

ويمثل هذا النوع مركب Nicotinic acid amide adenine dinucleotide (NAD) وهو مركب ثنائي النيكلويتد وفيه أحد النيكليويتدات عبارة عن أدينوزين أحادي فوسفات مرتبطة عن طريق وحدة الفوسفات بوحدة فوسفات النيكليوتيد الثاني المكون

من أميد حامض النيكوتينيك Nicotinic acid amide وهو أحد أفراد فيتامين (B) ومرتبط مع وحدة م.ريبوفورانوز ووحدة حامض فوسفوريك وهذا المركب يسمى معاون إنزيم (I) Co-enzyme I وكان يطلق عليه قديماً (DPN) كما يوجد معاون إنزيم آخر وهو معاون إنزيم (٢) Co-enzyme II وله نفس التركيب ولكنه يحتوى على وحدة حامض فوسفوريك زيادة مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل السكر في جزئي الأدينوزين وهو يسمى ثنائي نيكليوتيد أميد حامض نيكوينيك – فوسفات أدنين و إختصاره (NADP) وكان يطلق عليه في الماضي (TPN) .

والعملية التي يقوم بها مركب NAD , NADP تصور على أنها عملية إختزال عكسية لمجموعة البيريدين ويحدث هذا التفاعل بواسطة مجموعة من إنزيمات Dehydrogenase التي لها تخصص بالنسبة لمادة التفاعل Substrate.

٢ – قرين إنزيم (A) Co-enzyme A

إكتشف Lipman قرين إنزيم (A) ووجد أنه يحتوى على مجموعة بيتا ألانين B-alanine وكذلك حمض البنتويك Pantoic acid وكذلك مجموعة فوسفات . وتوالت الأبحاث بعد ذلك ووجد أنه يدخل في تركيبه Adenosine monophosphate ويرتبط معه حامض البانتوثونيك Pantothenic acid وهو أحد أفراد مجموعة فيتامين ب كما يرتبط معه وحده Mercabto ethanol amine.

CO-enzyme A Structure

والمجموعة الفعالة في CO A وجدت عند مجموعة SH ويعمل CO A في إستقبال مجموعة خلات من المركبات ونقلها إلى مركب ثاني أو ربطها في التخليق الحيوي للسلاسل الكربونية للمركبات العضوية ويقوم بعملية إرتباط بين مجموعة خلات نشطة مع مجموعة SH الموجودة في مركب المركابتو إيثانول أمين وبذلك تتكون مجموعة الخلات النشطة أثناء التفاعلات الحيوية.

كما يعمل CO A في تفاعلات الأكسدة والإختزال بإعطاء أو إستقبال ذرة هيدروجين واحدة عن طريق مجموعة الكبريتور وهذه العملية تحدث مقترنة وعكسية مع إستقبال أو إعطاء مجموعة خلات.

٣ – أدينوزين فوسفات كوباميد Adenosine phosphate cobamide

ويدخل في تركيبه فيتامين B_{12} والذي يسمى Cyanocoblamin وهذا يتكون من نوع من أنواع اليورفورين به ذرة كوبلت ومرتبط معها وحدة سيانيد ويتصل البوروفورين مع وحدة نيكليوتيد (أدنيوزين أحادي الفوسفات AMP) ويقوم هذا القرين الإنزيمي بتنشيط أنواع من المجموعات الكيميائية مثل مجموعة الميثايل وينقلها من مركب إلى مركب آخر .

Vitamin B_{12}

ثانيا: إنزيمات معاونة تنتمي إلى فيتامينات منفردة ومنها : -

١ - حمض الفوليك Tetra hydro folic acid:

ويوجد به أربعة ذرات هيدروجين زائدة عن حمض الفوليك وهو أحد أفراد فيتامين ب

Tetrahydrofolate (Tetrahydrofolyl polyglutamate)

وهذا الحامض يتكون من ثلاثة وحدات . أحدهما قاعدة أزوتية من نوع Pterin مرتبطة مع وحدة P-amine benzoic acid ومرتبط عن طريق مجموعته الكربوكسيلية بمجموعة أمين لحامض الجلوتاميك برابطة أميد ويقومهذا القرين الإنزيمي بتنشيط أجزاء أو مجموعات هيكلها الكربوني مكون من ذرة كربون واحدة مثل مجموعة الفورميل والميثايل والهيدروكسي ميثايل وتنقل هذه المجموعات بإرتباطها بأحد ذرات أزوت الحلقة الثانية من وحدة البتريدين (على ذرة الأزوت رقم ٥أو٨).

ومن التفاعلات التي يساهم فيها إدخال مجموعة هيدروكسي ميثايل في الجليسين لتكوين الحمض الأميني سيرين.

٢-حامض الأسكوربيك

ويعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال باستقبال وإعطاء ذرتي هيدروجين كما في الشكل التالي:

Ascorbic acid ⇌ ($-2H^{\oplus}, -2e^{\ominus}$) Dehydroascorbic acid

ثالثا: إنزيمات معاونة من نوع الأحماض أو الببتيرات أو البورفورين

١-حامض الليبويك Lipoic acid

ويسمى أيضاً بحامض الثايوسيتك Thioctic acid وهو منشر جداً في أنسجة النبات وبعض الحيوانات وبعض الأحياء الدقيقة. ويعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال بإعطاء ذرتي هيدروجين من مجموعتي الكبريتيد التي ترتبط مع بعضها وتكون رابطة ثنائية الكبريتد والمركب الناتج في الحالة المؤكسدة يستقبل ذرتي هيدروجين في عمليات أكسدة ثم ينتقل الهيدروجين إلى مركب NAD فتختزل الخير ويؤكسد الأول... وهكذا

Lipoic acid

٢- الجلوتاثيون Glutathione

Glutathione

وهو عبارة عن بيتد ثلاثي Glutamyl-cysteinyl-glycine أي انه يتكون من ارتباط ثلاثة أحماض أمينية معا بروابط ببتيدية ويعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال وفيها يعمل جزئين جلوتاثيون معاً فيعطي كلا منهما ذرة الهيدروجين المتصلة بمجموعة كبريتيد السستئين. وتبعاً لذلك ترتبط الوحدتان بواسطة رابطة ثنائي الكبريتيد ويتكون مركب ثنائي الجلوتاثيون به تركيب سستيين . وهذا المركب يستقبل من الخارج ذرتي هيدروجين في عمليات الأكسدة فتتفكك الرابطة ثنائية الكبريتيد ويعود المركب مرة أخرى إلى حالته المختزلة.

٣- مركب السيتوكروم Cytochromes

يوجد أنواع من السيتوكروم ولكن النوع الذي أمكن دراسته بعناية ويوجد بكميات كبيرة في الخلية هو (Cytochrome C) وقد أمكن الحصول عليه نقياً نسبياً . وأنواع السيتوكروم تتكون من بورفورين به ذرة حديد وتعمل في تفاعلات الأكسدة والإختزال حيث يتحول الحديد من حديدوز إلى حديديك بفقد إلكترون.

(a)

Cytochrome *a* heme group

(b)

Cytochrome *b* heme group

(c)

Cytochrome *c* heme group

٤-معاون إنزيم من نوع Quinones

ومنها أنواع Ubi quinones والتي تسمى Co-enzyme Q وهي تحتوى على تركيب كينوني ومرتبط به سلسلة مكونة من وحدات أيزوبرين – وتوجد منها أنواع تختلف في عدد وحدات الأيزوبرين المكونة للسلسة ويوضح عددها في تسمية هذا القرين الإنزيمي.

Ubiquinone

وينتمي لهذه المركبات فيتامين K حيث يحتوى على تركيب كينوني .

Vitamin K

وتعمل هذه المركبات في تفاعلات الأكسدة والإختزال فتستقبل عن طريقة حلقة الكينون ذرتي هيدروجين وهذه بدورها تعطي ذرتي الهيدروجين في عمليات إختزال المركبات.

Ubiquinone (Q)

$$\underset{+e^{\ominus}}{\rightleftharpoons}\ \ -e^{\ominus}$$

Semiquinone anion ($\cdot Q^{\ominus}$)

$$+2H^{\oplus},\ +e^{\ominus}\ \rightleftharpoons\ -2H^{\oplus},\ -e^{\ominus}$$

Ubiquinol (QH_2)

٥- إنزيمات معاونة من نوع أيونات ذرات المعادن

توجد إنزيمات تحتاج عند القيام بعملها إلى أملاح بعض المعادن حيث تقوم أيونات المعدن بعمل قرين الإنزيم فيحتاج الإنزيم المؤكسد للأزوتات Nitrate إلى أيونات الكوبلت حيث تقوم بدور في عمليات الأكسدة والإختزال. فعند إختزال الأزوتات إلى أزوتيت يعطي أيون الكوبلت إلكترون فيتغير رقم تأكسده من ٥ إلي ٦.

$$NO_3 + Co^{+5} \rightleftharpoons NO_2 + Co^{+6}$$

وفي التفاعلات العكسية يستقبل الكوبلت إلكترون ويقل رقم تاكسده.

وكذلك يعمل الخارصين (Zn) كانزيم معاون لإنزيم Alcohol dehydrogenase الذي يحول الأسيتالدهيد إلى كحول إيثايل.

$$CH_3—CHO \underset{-H_2}{\overset{+H_2}{\rightleftharpoons}} CH_3—CH_2OH$$

ويعمل الخارصين في ربط الإنزيم مع مادة التفاعل Substrate في خطوة تكوين المركب الوسطى.

$$\text{Substrate} — \text{Zn} — \text{Enzyme}$$

مركب وسطي

وكذلك يحتاج إنزيم Glutamic dehydrogenase إلى أملاح الخارصين حيث تعمل أيونات الخارصين على تجميع جزئيات الإنزيم. هذا ويحتاج إنزيم الألفا أميليز (الذي يحلل النشا إلى مالتوز) إلى أيونات الكالسيوم.

رابعا: قرائن الإنزيمات التي ترتبط مع بروتين الإنزيم

ولهذه المجموعة من قرائن الإنزيمات أنواع مختلفة يمكن توضيحها كما يلي:-

١- ثيامين بيروفوسفات Thiamin pyrophosphate

وهو عبارة عن فيتامين ب١ (الثيامين) مرتبط بمجموعتي فوسفات، ويرتبط مع بروتين الإنزيم عن طريق البيروفوسفات .

Thiamine pyrophosphate (TPP)

ويعمل الإنزيم ومعاونه على تحويل حامض البيروفيك إلى أسيتاهيد.

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-COOH \xrightarrow[\text{Decrboxylase}]{\text{Thiamin pyrophosphate}} CH_3-CHO + CO_2$$

Pyruvic acid Acetaldehyde

٢- فلافين النيوكليوتيد Flavin nucleotide

ويوجد منه نوعين كل منهما يحتوى على وحدة ريبوفلافين وهي فيتامين ب٢ وأحدهما عبارة عن أحادي نيوكليوتيد Flavin mononucleotide (FMN) ويتكون من فلافين مرتبط بوحدة م. ريبتول وهذه مرتبطة بوحدة حمض فوسفوريك. أما النوع الثاني فهو ثنائي النيوكليوتيد Flavin adenine dinucleotide (FAD) وكلا النوعين مرتبط ببروتين الإنزيم ويكسبه اللون الأصفر.

Flavin mononucleotide (FMN)

Flavin adenine dinucleotide (FAD)

وتعمل هذه الإنزيمات في تفاعلات الأكسدة والإختزال باستقبال ذرتي هيدروجين لأكسدة المواد أو إعطاء ذرتي أيدروجين في عمليات إختزالها.

FMN or FAD (quinone form)

FMNH· or FADH· (semiquinone form)

$FMNH_2$ or $FADH_2$ (hydroquinone form)

٣- بيريدوكسامين فوسفات Pyridoxamine phosphate

وهو يعمل كمرافق إنزيمي لأنزيمات Trans aminase (أي أنه يعمل في تفاعلات نقل مجموعة الأمين مثل تفاعل إضافة مجموعة الأمين إلى حمض الجلوتاريك لتكوين حمض الجلوتاميك). كما تعمل بعض هذه الإنزيمات في تفاعلات إزالة مجموعة كربوكسيل الأحماض وينتمي لهذه المجموعة فوسفات بيرودكسال وهو أيضاً أحد أفراد فيتامين ب٦ ويعمل في نفس التفاعلات.

Pyridoxal

Pyridoxal 5′-phosphate (PLP)

٤–البيوتين Biotin

وهو مرتبط مع بروتين الإنزيم ويعمل في تفاعلات إدخال ثاني أكسيد الكربون في المركبات وتثبيته في صورة مجموعة كربوكسيل ، والشكل التالي يوضح البيوتين وهو مرتبط ببروتين الإنزيم مكون مركب وسطي يسمي Biocytin .

Enzyme-bound biotin
(Biocytin)

والمعادلات التالية توضح تفاعل إضافة مجموعة كربوكسيل لمركب الإينول بيروفك ليكون حمض الأوكسالوأسيتك وكيفية عمل البيوتين في هذا التفاعل:

تقسيم الإنزيمات
Classification of enzymes

يمكن تقسيم الإنزيمات إلى قسمين :

أولاً : إنزيمات تفرز وتعمل خارج الخلية Extra cellular enzymes

ثانياً: إنزيمات تفرز وتعمل داخل الخلية Intra cellular enzymes

*وقد قسمت الإنزيمات سنة ١٩٦١ بواسطة الإتحاد الدولي للكيمياء الحيوية Intrnational Union Biochemistry (I.U.B) إلي ستة أقسام رئيسية بالترتيب الآتي:-

١- التأكسد والإختزال Oxidoreductases
٢- الناقلة Transferases
٣- التحلل المائي Hydrolyses
٤- كسر الجزيئ دون إدخال ماء مع إدخال رابطة زوجية في كل جزء Lyases
٥- التشابه Isomerases
٦- التخليق أو التكوين (باستخدام ATP) Ligases or Synthetases

ويراعي في التقسيم الجديد أن كل قسم من الأقسام الستة ينقسم إلى تحت أقسام وذلك تبعاً للتخصص وبذلك يكتب قبل إسم الإنزيم أربعة أرقام كل رقم منهم له دلالته الخاصة بحيث يمكن التعرف علي الإنزيم من خلال هذه الأرقام:

الرقم الأول :

وهذا الرقم يدل على أن الإنزيم يتبع في التقسيم العام المجموعة كذا.... فمثلاً رقم (١) يدل على أن الإنزيم يتبع المجموعة الأولى (إنزيمات التأكسد والإختزال).

الرقم الثاني : وتختلف دلالته تبعاً للأقسام الرئيسية :

المجموعة الأولى : إذا كان الرقم الثاني (١) فهذا يدل على أن المادة تأخذ هيدروجين من الكحول أما إذا كان الرقم الثاني (٢) فهذا يدل على أن المادة تأخذ هيدروجين من الألدهيد.

المجموعة الثانية: يدل الرقم الثاني على طبيعة المجموعة المنقولة ، فإذا كان الرقم (١) دل ذلك على أن المجموعة المنقولة بها ذرة كربون واحدة ، وإذا كان الرقم (٢) دل ذلك على أن المجموعة المنقولة عبارة عن ألدهيد ، أما إذا كان الرقم (٣) فإن ذلك يدل على أن المجموعة المنقولة عبارة عن أسيتيل .. وهكذا.

المجموعة الثالثة: وفيها يظهر الرقم الثاني نوع الرابطة ، فإذا كان الرقم الثاني (١) دل ذلك على أن الرابطة عبراة عن رابطة إستر ، أما إذا كان الرقم (٢) دل ذلك على أن الرابطة جلوكوزيل.

الرقم الثالث:

ويعطي فكرة أوضح عن طبيعة تفاعل الإنزيم:

المجموعة الأولى: الرقم الثالث يدل على المادة القابلة للهيدروجين ، فإذا كان الرقم (١) تكون المادة القابلة للهيدروجين هي NAD or NADP . أما إذا كان الرقم (٢) تكون المادة القابلة للهيدروجين عبارة عن سيتوكروم ، أما إذا كان الرقم (٣) تكون المادة القابلة للهيدروجين هو الأكسجين.

المجموعة الثانية: يدل الرقم الثالث فيها على نوع المجموعة المنقولة ، فإذا كان الرقم (١) دل على أن المجموعة المنقولة عبارة عن ميثيل ، أما إذا كان الرقم (٢) دل على أن المجموعة المنقولة هي هيدروكسي ميثيل ، أما إذا كان الرقم (٣) فإن المجموعة المنقولة تكون كربوكسيل... وهكذا.

الرقم الرابع:

يدل الرقم الرابع على الرقم المسلسل لوضع الإنزيم في الترتيب العام للإنزيمات.

المجموعة الأولي: إنزيمات الأكسدة والإختزال Oxidoreductases

تتم التفاعلات الخاصة بالأكسدة والإختزال في التفاعات الحيوية جنباً إلى جنب والأكسدة البيولوجية لا تتم في الجسم على خطوة واحدة بل في عدة خطوات وسطية يكون آخرها الأكسجين. وتبدأ بنزع الهيدروجين بواسطة إنزيمات Dehydrogenase وقرائن الإنزيمات الخاصة بكل تفاعل.

ويطلق على الماد المعطية للهيدروجين Hydrogen doner والمادة المستقبلة للهيدروجين Hydrogen acceptor وأحياناً لا تنتقل ذرة الهيدروجين كما هي بل تنتقل الإلكترونات وتعمل عملية إختزال باتحادها مع مركب آخر كما في حالة إختزال الحديديك إلي حديدوز.

$$Fe^{+++} + e \longrightarrow Fe^{++}$$

ويلاحظ أن قرين الإنزيم المختزل ينزع منه الهيدروجين بواسطة الفلافوبروتينات والأخيرة تنقسم إلي نوعين:
(١) فلافوبروتين ينزع الهيدروجين من $NADH_2$ & $NADPH_2$

$$NADH_2 + FAD \longrightarrow FADH_2 + NAD$$

(٢) فلافوبروتين ينزع الهيدروجين من مركبات أخرى غير $NADH_2$ & $NADPH_2$ مثل أكسدة حامض السكسينيك إلى فيوماريك:

$$\underset{\text{Succinic acid}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}} + FAD \longrightarrow \underset{\text{Fumaric acid}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CH \\ \| \\ CH \\ | \\ COOH \end{array}} + FADH + H^+$$

ويلاحظ في هذه الحالة أن الفلافوبروتين تحتوى على معدن وتسمى Metal flavoprotein ويمكن أن يتحد الهيدروجين الموجود في $FADH_2$ مباشرة مع الأكسجين الجوى كما في حالة Xanthine oxidase وتسمى في هذه الحالة Aerobic dehydrogenase .

$$\text{Xanthine} + FAD \longrightarrow \text{Uric acid} + FADH + H^+$$

$$FADH_2 + 1/2\,O_2 \longrightarrow FAD + H_2O$$

وفي بعض الأحيان لا يمكن إتحاد $FADH_2$ مع الأكسجين مباشرة إلا في وجود السيتوكروم ويسمى في هذه الحالة An aerobic dehydrogenase وعموماً فإنه توجد ثلاثة أنواع من الإنزيمات الأخيرة وهي:
(١) أنواع لا تحتاج إلى فلافوبروتين مثل الإنزيم الخاص بأكسدة حامض اللاكتيك بواسطة NAD .
(٢) أنواع dehydrogenase تابع للفلافوبروتين ويؤكسد $NADH_2$ & $NADPH_2$
(٣) أنواع dehydrogenase تابع للفلافوبروتين ويؤكسد مواد أخرى غير $NADH_2$ & $NADPH_2$
ويعمل السيتوكروم كعامل وسيط بين An aerobic dehydrogenase والأكسجين الجوي حيث يتحد الهيدروجين الناتج من Substrate مع الأكسجين الجوي ليكون ماء.

عمليات الأكسدة البيولوجية Biological oxidation

من المعروف أن كل عملية أكسدة تكون مصحوبة بعملية إختزال. وبالرغم من أن جميع عمليات الأكسدة لا تتضمن الأكسجين إلا أنه ضروري جداً ولازم ويحتمل أن معظم أنسجة الجسم (إن لم يكن جميعها) تحتاج الأكسجين لإتمام عمليات الأكسدة الحيوية. وبالرغم من ذلك فإن المراحل المتوسطة لهذه العمليات قد تستمر في غياب الأكسجين. وتعرف التفاعالات الكيمائية التي تحدث أثناء تفاعلات التمثيل الغذائي داخل الخلية بعمليات الأكسدة الفسيولوجية Physiological oxidation.
ومن المعروف أن الأكسجين لا يستطيع أن يؤكسد المواد الفسيولوجية خارج الجسم عند درجة حرارته إلا بمقدار ضئيل جداً (مثل ذلك: أن الأكسجين لا يستطيع أن يؤكسد مادة الهيبوزانثين Hypoxanthine وحده. وإذا سخن مع حامض النتيريك لدرجة الغليان فإنه لا يتأكسد أما إذا كان الهيبوزانثين ملامساً لخلايا الكبد المحتوية على إنزيم زانثين أوكسيديز Xanthine oxidase فإنه يتأكسد بسرعة في وجود الأكسجين ويتحول إلى زانثين Xanthine.
وبناء على ذلك فإن الجسم يحتوي على عوامل تجعل هذه التفاعلات ممكنة في درجة حرارته وكذلك تمكنه من إستخدام الطاقة الناتجة من عمليات الأكسدة في بناء مواد أخرى قبل أن تتحول هذه الطاقة إلى حرارة أو طاقة كهربائية أو غيرها.

العوامل الكيميائية الحيوية التي تتضمن في عمليات الأكدة البيولوجية هي:

(١) الإنزيمات Enzymes

(٢) قرائن الإنزيمات Co-enzymes

(٣)المواد القابلة للأيدروجين Hydrogen acceptor

(٤) المواد الحاملة للأيدروجين Hydrogen carriers

هذا وتسمى الإنزيمات التي تؤثر على المادة الداخلة في التفاعل وتجعلها تفقد ذرتي هيدروجين بإنزيمات الديهيدروجينيز Dehydrogenase أما تلك التي تؤثر في الأكسجين وتجعله قادر على القيام بدوره في الأكسدة فتسمى بإنزيمات الأكسيديز Oxidase.

أنواع الأنظمة المؤكسدة Types of oxidation systems

النوع الأول:

وفيه ينشط هيدروجين المادة الداخلة في التفاعل Substrate بواسطة إنزيم Dehydrogenase الخاص بها بطريقة تجعله يستطيع أن يتفاعل مع عامل مؤكسد مناسب أو مع الأكسجين.

ويلاحظ أن هناك إتحاد مؤقت بين المادة التي تقبل الهيدروجين والمادة الداخلة في التفاعل Substrate على الجزء البروتيني لإنزيم Dehydrogenase بحيث يمر الهيدروجين من المادة الداخلة في التفاعل Substrate إلى المادة التي تحمله ثم تنفصل المادة المتأكسدة والمختزلة من إنزيم Dehydrogenase. وتتكرر هذه العملية بنفس الطريقة مرة أخرى... وهكذا.

والأمثلة على هذا النوع من الأنظمة المؤكسدة كثيرة جداً نذكر منها:

$$\text{Substrate} \xrightarrow{\text{dehydrogenase}} \text{Oxidized form} + H_2O_2$$

وينتج عن هذا التفاعل فوق أكسيد الهيدروجين الذي يتحلل بواسطة إنزيم Catalase إلى ماء وأكسجين.

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} 2H_2O + O_2$$

النوع الثاني:

ويحتاج هذا النوع إلى وسيط لحمل الهيدروجين بين المادة الداخلة في التفاعل والأكسجين وهذا الوسيط هو السيتوكروم Cytochrome.

$$\text{Substrate} \xrightarrow{\text{dehydrogenase}} \text{Oxidized form} + \text{Cytochrome } H_2$$

$$\text{Cytochrome } H_2 \xrightarrow{\text{Cytochrome oxidase}} \text{Cytochrome} + H_2O$$

النوع الثالث:

وهذا النوع من الأنظمة المؤكسدة يختلف عن النوع الثاني إختلافاً بسيطاً ذلك لأنه يتضمن مادتين حاملتين للهيدروجين ولا يحتاج إلى إنزيم Oxidase ويشتمل هذا النوع على قرين إنزيم (Co I) والفلافوبروتين . ويمكن أن يتأكسد الفلافوبروتين مرة أخرى بواسطة الأكسجين.

$$\text{Substrate} \xrightarrow[\text{Co- I}]{\text{dehydrogenase}} \text{Oxidized form} + \text{Co - I } H_2$$

$$\text{Co - I } H_2 + \text{Flavoprotein oxid} \longrightarrow \text{Co - I} + \text{Flavoprotein red.}$$

$$\text{Flavoprotein red.} \xrightarrow{+ 1/2\ O_2} \text{Flavoprotein oxid}$$

النوع الرابع:
وهذا النوع من التفاعلاتيشمل سلسلة تفاعلات أكبر منها في النوع السابق . وهو عبارة عن إتحاد النوعين السابقين (الثاني والثالث) ويمثل فيه (Co I) والفلافوبروتين والسيوكروم كما يلي:

$$\text{Substrate} \underset{\text{Co- I}}{\overset{\text{dehydrogenase}}{\rightleftharpoons}} \text{Oxidized form} + \text{Co - I } H_2$$

$$\text{Co - I } H_2 + \text{Flavoprotein oxid} \longrightarrow \text{Co - I} + \text{Flavoprotein red.}$$

$$\text{Flavoprotein red.} + \text{Cytochrome} \rightleftharpoons \text{Flavoprotein oxid} + \text{Cytochrome red.}$$

$$\text{Cytochrome red.} \xrightarrow[+ 1/2\ O_2]{\text{Cytochrome oxidase}} \text{Cytochrome oxid} + H_2O$$

ومما سبق يتضح أنه لا بد من وجود الأكسجين في النهاية لكي يستغل الهيدروجين الناتج عن المادة الداخلة في التفاعل Substrate في عمليات الأكسدة البيولوجية.

أنواع إنزيمات الأكسدة والإختزال :

Oxidases –I
وهي مجموعة من الإنزيمات التي لا بد لها من إستعمال الأكسجين الجوي كمادة قابلة للهيدروجين ولا تستطيع إستعمال أي بديل له. وهذه الإنزيمات عبارة عن بروتينات مرتبطة ولا يوجد لها غالباً Prosthetic group ولكن قد يوجد مرتبط مع هذه الإنزيمات بعض أيونات المعادن مثل النحاس أو الحديد .
ومن أمثلة هذه الإنزيمات ما يلي:
أولاً : الفينول أكسيديز Phenol oxidases
(١) Monophenol oxidase
وهذا الإنزيم يؤكسد الفينول إلى أرثو كينون وهو موجود في نبات عش الغراب ولا يعطي هذا الإنزيم الهيدروجين إلى غير الأكسجين.

$$\text{Phenol} + O_2 \xrightarrow{\text{Mono phenol oxidase}} \text{Orthoquinon} + H_2O_2$$

OH
Phenol

O
O
Orthoquinon

(٢) Polyphenol oxidase
وفصل هذا الإنزيم من نبات عش الغراب وكذلك من نبات البطاطس ويحتوي على النحاس ولا يؤثر على الفينولات الأحادية ولكن على الفينولات الثنائية مثل الكاتيكول حيث يحوله إلى الكينون وهو المسؤل عن تلون لب الخضروات باللون الأسود عند تعريضها للجو.

$$\text{Catechol} + 1/2\ O_2 \xrightarrow{\text{Poly phenol oxidase}} \text{Quinone} + H_2O$$

ثانياً : Ascorbic acid oxidase

ويوجد في كثير من النباتات ويعمل على أكسدة حامض الأسكوربيك إلى مركب الديهيدرواسكوربيك كالأتي :

$$\text{Ascorbic acid} \xrightarrow[\text{Ascorbic acid oxidase}]{+ 1/2\ O_2} \text{Dehydroascorbic acid}$$

ووجود حامض الأسكوربيك في النبات يمنع إسوداد النبات وذلك بتحويل الكينون إلى فينول . ويحتوى هذا الإنزيم على النحاس .

Aerobic dehydrogenase –II

وهذه الإنزيمات يمكنها أن تعطي الهيدروجين مباشرة للأكسجين أو يمكنها أن تعطي الهيدروجين لعامل وسيط آخر مثل أزرق الميثلين أو أي عامل وسيط آخر. وغالباً ما ينتج من التفاعل فوق أكسيد الهيدروجين ، ويحتوى هذا الإنزيم على Prosthetic group ويحتوى أيضاً على معدن مثل النحاس أو الحديد أو المولبيدنم ويسمى في هذه الحالة Metalo flavoprotein.

ومن أنواعها :

(١) D. Amino acid oxidase

يحتوى على Prosthetic group ويحتاج لقرين أنزيم FAD ويعمل على جميع الأحماض الأمينية الموجودة في صورة (D) ما عدا حامض الجلوتاميك . ويوجد هذا الإنزيم في الكلى والكبد. وعموماً يساعد هذا الإنزيم على عملية الأكسدة ونزع مجموعة الأمين Oxidative deamination وبذلك تتحول الأحماض الأمينية إلى أحماض كيتونية كالآتي :

$$R-CH(NH_2)-COOH \xrightarrow{-2H} R-C(=NH)-COOH \xrightarrow{+H_2O} R-C(=O)-COOH + NH_3$$

D. amino acid — Imino acid — Keto acid

(٢) L. Amino acid oxidase

ويوجد هذا الإنزيم في سم بعض الحيات. ويعمل على إزالة المجموعة الأمينية من جميع الأحماض الأمينية الموجودة في صورة (L) ويحولها إلي الأحماض الكيتونية المقابلة لها.

$$\text{L. Amino acid} + H_2O + O2 \longrightarrow \text{Keto acid} + NH_3 + H_2O_2$$

Xanthine oxidase (٣)

ويوجد في اللبن بكثرة وبعض أنسجة النبات ويحتوى على المولوبيدنم ويعمل مع قرين الإنزيم FAD ويؤثر على الهيبوزانثين حيث يؤكسده إلى زانثين في وجود الماء ويتحول الأخير إلى حمض اليوريك في وجود الأكسجين.

$$\text{Hydroxanthine} + H_2O \longrightarrow \text{Hydroxanthine hydrate} \xrightarrow{O_2} \text{Xanthine}$$

$$\text{Xanthine} + \text{FAD} \longrightarrow \text{Uric acid} + \text{FADH} + H^+$$

يوجد إنزيم آخر يشابه إنزيم الزانثين أكسيديز في اللبن ويسمى Schardinger enzyme وهو يساعد على أكسدة الألدهيدات إلى أحماض كربوكسيلية.

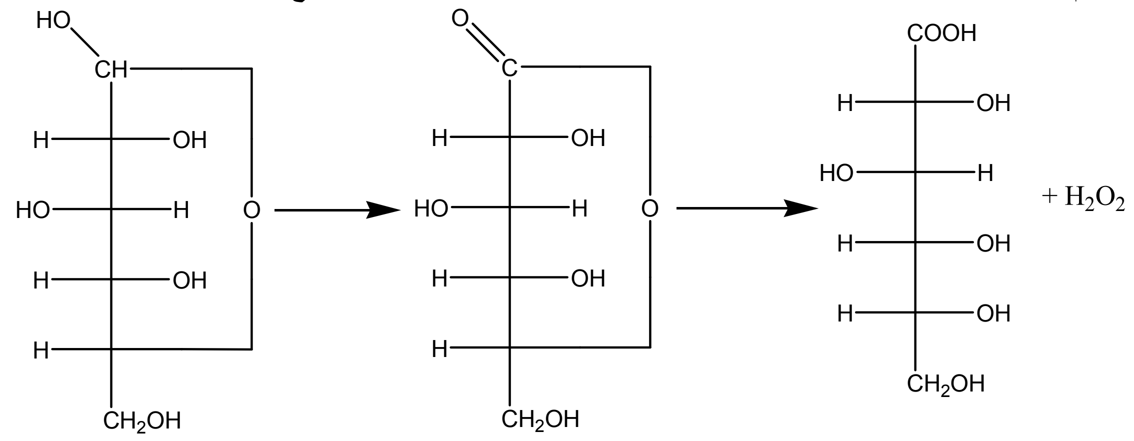
$$R-CHO \xrightarrow{+H_2O} R-CH(OH)_2 \xrightarrow{+O_2} R-COOH + H_2O_2$$

Aldehyde oxidase (٤)

وهو يؤكسد الألدهيدات إلى أحماض كربوكسيلية ولكن لا يؤكد الزانثين . وهو موجود في الكبد ويحتوى على Prosthetic group.

Glucose oxidase (٥)

وهذا الإنزيم يؤكسد البيتاجلوكوز إلى حمض جلوكونك . كما يوجد إنزيمات أخرى تحول جميع السكرات إلى أحماض ألدونية.



مصير فوق أكسيد الأيدروجين المتكون:

يتكون مركب فوق أكسيد الهيدروجين في الجسم من عمليات الأكسدة المختلفة كما سبق. وتعمل إنزيمات كثيرة على هدم فوق أكسيد الهيدروجين لأنه سام . ومن هذه الإنزيمات:-

١- **Peroxidase**

يوجد في النبات واللبن ويتحد هذا الإنزيم مع فوق أكسيد الهيدروجين ويكون مركب نشط يمكن أن يأخذ الهيدروجين من أي مركب آخر . ويوضح ذلك كما يلي:

$$AH_2 + H_2O_2 \longrightarrow A\ (\text{oxidized}) + 2H_2O$$

٢- **Catalase**

يوجد في النبات والأنسجة الحيوانية ويحتوي على مجموعة هيم (Heam group) ويعمل في تفاعل يكون مستقبل الهيدروجين Hedrogen acceptor و معطي الهيدروجين Hedrogen doner هو فوق أكسيد الهيدروجين كالآتي :

$$H_2O_2 + H_2O_2 \xrightarrow{\text{Catalase}} O_2 + 2H_2O$$

وهذا الإنزيم متخصص بشدة لفوق أكسيد الهيدروجين ولا يؤثر على فوق الأكاسيد الأخرى.

III- Anaerobic dehydrogenase

يمكن تقسيم هذه الإنزيمات اللاهوائية إلى ثلاثة أقسام:-

١- إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NAD

٢- إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NADP

٣- إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase لاتحتاج إلي NAD أو NADP

أولا: إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NAD

١- Glycerol phosphate dehydrogenase

وهو يحول الألفا جلسرول فوسفات إلي مركب الداي هيدروكسي أسيتون فوسفات في وجود NAD كما يتضح من المعادلة التالية:

$$\begin{array}{l} CH_2\,O\,\mathbf{P} \\ | \\ CH\,OH \\ | \\ CH_2\,OH \end{array} + NAD \rightleftharpoons \begin{array}{l} CH_2\,O\,\mathbf{P} \\ | \\ C{=}O \\ | \\ CH_2\,OH \end{array} + NADH + H^+$$

Alpha glycerol phosphate — Dihydroxy acetone phosphate

٢- Lactic dehydrogenase

وهو متخصص لحمض اللاكتيك ويمكن أن يعمل مع قرين الإنزيم NADP ولكن سرعة التفاعل تقل مائة مرة مقارنة بالتفاعل الأصلي في وجود قرين الإنزيم NAD.

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH\,OH \\ | \\ CH_3 \end{array} + NAD \rightleftharpoons \begin{array}{l} COOH \\ | \\ C{=}O \\ | \\ CH_3 \end{array} + NADH + H^+$$

Lactic acid — Pyruvic acid

٣- Malate dehydrogenase

وهو متخص بالنسبة حمض المايك في الصورة (L) ويعمل أيضاً مع قرين الإنزيم NADP ولكن تقل سرعة التفاعل خمسة عشرة مرة .

$$\underset{\text{Malic acid}}{HOOC-CH_2-CHOH-COOH} + NAD \rightleftharpoons \underset{\text{Oxaloacetic acid}}{HOOC-CH_2-C(=O)-COOH} + NADH + H^+$$

٤- Alcohol dehydrogenase

وهذا الإنزيم مرتبط به زنك . ويوجد في هذا الإنزيم مجموعة (SH).
وهذا الإنزيم يعمل على الكحولات الأولى والثانية وينتج من الأول ألدهيدات ومن الثانية كيتونات كما يلي :

$$R-CH_2-OH + NAD \rightleftharpoons R-CH=O + NADH + H^+$$

$$(HO)_2CH\,OH + NAD \rightleftharpoons (HO)_2C=O + NADH + H^+$$

٥- L. glutamic dehydrogenase

وهذا الإنزيم متخصص بالنسبة لحمض الجلوتاميك في الصورة (L) وأمكن فصل عدة إنزيمات من هذه المجموعة تعمل أيضاً مع قرين الإنزيم NADP .

$$\underset{\text{L. glutamic acid}}{HOOC-CH_2-CH_2-CH\,NH_2-COOH} + NAD \rightleftharpoons \underset{\text{Imino form}}{HOOC-CH_2-CH_2-C(=NH)-COOH} + NADH + H^+ \underset{}{\overset{H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Alpha keto glutaric}}{HOOC-CH_2-CH_2-C(=O)-COOH} + NH_3$$

ثانيا: إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase تحتاج إلي NADP

١- Glucose-6-phosphate dehydrogenase

وهذا الإنزيم متخصص بالنسبة للصورة (D) من الجلوكوز فقط ويتم التفاعل كمايلي:

Glucose-6-phosphate $\xrightarrow{+ NADP}$ Delta lactone $\xrightarrow[H_2O]{+ NADPH + H^+}$ Phosphogluconic acid

وعملية تحويل الجلوكوز-٦- فوسفات إلي حمض الفوسفوجلوكونيك مهمة في تكوين السكرات الخماسية من السكرات السداسية .

٢- Isocitric acid dehydrogenase

ويعمل علي تحويل حمض الأيزوستريك إلي حمض الأوكسالوسكسينيك في وجود قرين الإنزيم NADP.

$$HO-CH(COOH)-CH(COOH)-H_2C-COOH + NADP \rightleftharpoons O=C(COOH)-HC(COOH)-H_2C-COOH + NADPH + H^+$$

Iso citric acid — Oxalosuccinic acid

٣- Malate dehydrogenase

يساعد هذا الإنزيم على أكسدة ونزع ثاني أكسيد الكربون من حمض الماليك ويحتاج في تفاعلاته إلى منجنيز .

$$COOH-CH_2-CH\,OH-COOH + NADP \rightleftharpoons CH_3-C(=O)-COOH + CO_2 + NADPH + H^+$$

Malic acid — Pyruvic acid

ثالثا: إنزيمات ديهيدروجينيز Dehydrogenase لاتحتاج إلي NAD أو NADP

١- L- lactic dehydrogenase

وهذا الإنزيم من نوع Metaloflavoprotein ويعمل في وجود أزرق الميثلين (M.B) الذي يعمل كحامل للهيدروجين ، ويقوم الإنزيم بتحويل اللاكتيك (في صورة L) إلي حمض البيروفيك.

$$CH_3-CH(OH)-COOH + M.B \rightleftharpoons CH_3-C(=O)-COOH + M.B.H_2$$

L-lactic acid → Pyruvic acid

Succinic acid dehydrogenase -٢

وهذا الإنزيم من نوع Metaloflavoprotein ويحتوى على حديد ويحتاج إلى فوسفات. ويمكن وقف عمل هذا الإنزيم بواسطة إضافة بعض المثبطات المنافسة مثل حمض المالونيك والماليك والأكسالوأسيتيك . وهذا الإنزيم يحتوى على مجموعة (SH).

$$COOH-CH_2-CH_2-COOH + M.B \rightleftharpoons COOH-CH=CH-COOH + M.B.H_2$$

Succinic acid → Fumaric acid

Glycerophosphate dehydrogenase -٣

يساعد هذا الإنزيم على أكسدة مركب فوسفات الجلسرين في وجود أزرق الميثلين.

$$CH_2OH-CHOH-CH_2O\mathbf{P} + M.B \rightleftharpoons CHO-HC(OH)-CH_2O\mathbf{P} + M.B.H_2$$

Alpha glycerol phosphate → 3-Phospho glyceraldehyde

Choline dehydrogenase -٤

يساعد هذا الإنزيم على أكسدة الكولين إلى مركب Betaine aldehyde في وجود أزرق الميثلين.

$$(H_3C)_3N(OH)-CH_2-CH_2OH + M.B \rightleftharpoons (H_3C)_3N(OH)-CH_2-CHO + M.B.H_2$$

Choline → Betaine aldehyde

Fatty acyl Co A dehydrogenase -٥

يساعد على أكسدة الأحماض ذات عدد ذرات الكربون من ٤ – ١٦ ذرة
وهذه الإنزيمات عبارة عن فلافوبروتين لونها أصفر مع FADN الذي يوجد معها علي هيئة Prosthetic group.

$$R-(CH_2)_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-SCoA + X \rightleftharpoons R-\underset{H}{C}=CH-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-SCoA + XH_2$$

٦- Butyryl Co A dehydrogenase

وهو يشاه الإنزيم السابق ويساعد على أكسدة الأحماض الدهنية التي تحتوى على ٤–٦ ذارت كروبون. وهو أيضاً من نوع الفلافوبروتين ولو أن الإنزيم لونه أخضر لوجود مركب النحاس فيه. وعموماً نظراً لوجود مجموعة الفلافين مع المجموعة المعدنية تجعل هذا النوع من الإنزيمات لا يحتاج إلى أي قرين إنزيمي لكي تتم عملية الأكسدة .

المجموعة الثانية: الإنزيمات الناقلة Transfering enzymes

وهي تساعد على نقل مجموعات من مركب إلى مركب آخر مثل مجموعات الفوسفات والأمين .. الخ. ويمكن وضع الإنزيمات الناقلة للهيدروجين تحت هذا القسم. ومن امثل هذه المجموعة:

١- Transphosphorylation by phosphatases

وتوجد هذه الإنزيمات في عصير ثمار الموالح وهي من نوع Mono phosphatases وهي تبدو على أنها إنزيمات تحلل مائي لأنها يمكنها أن تحلل أنواع مختلفة من الفوسفات العضوية ولكن في الوقت نفسه يمكنها أن تساعد في نقل مجموعة فوسفور.

$$\text{Glucose 1- P} + \text{Glucose 1- P} \rightleftharpoons \text{Glucose 1- 6 Di P} + \text{Glucose}$$

CH₂ OH, OH, OH, O P, OH — Glucose 1- P

CH₂ OH, OH, OH, O P, OH — Glucose 1- P

CH₂ O P, OH, OH, O P, OH — Glucose 1- 6 Di P

CH₂ OH, OH, OH, OH, OH — Glucose

٢- Trans glycosylation by glycosidase

وهي إنزيمات قادرة على نقل مجموعة جليكوسيد من جزيئ إلى جزيئ آخر. وقد تكون المجموعة المنقولة Fructosidic radical أو Glucosidic radical وتسمي هذه الإنزيمات Saccharses وهذه الإنزيمات هي التي تكون السكرات العديدة أو الثنائية والفرق بين هذه الإنزيمات وإنزيمات Phosphorylases أن إنزيمات Saccharses لا تلعب فيها مجموعة الفوسفات أي دور في عملية النقل والجزيئ الذي ينقل هو مجموعة أخرى غير الفوسفات . ومن أمثلة هذه الإنزيمات إنزيم Saccharase الموجودة في الخميرة والذي يساعد في عملية Trans fructorylation.

$$\text{Sucrose} + \text{Sucrose} \rightleftharpoons \text{Fructosyl Sucrose} + \text{Glucose}$$

ويلاحظ أن جزيئ الجلوكوز لا ينتقل بواسطة هذا الإنزيم أما إنزيم Saccharase الموجود في فطر *Asprigillas* فهو يعمل نفس عمل الإنزيم السابق غير أن جزيئ السكروز يمكن أن يحل محله مركبات أخرى. وهذه المركبات إما أن تكون سكرات أخرى أو سكرات كحولية . وهذا الإنزيم موجود أيضاً في كثير من النباتات الراقية كالبنجر والكرنب وغيرها. أما إنزيم المالتيز فهو يساعد على نقل جزيئ الجلوكوز كالآتي:

$$\text{Maltose} + \text{Maltose} \rightleftharpoons \text{Maltotriose} + \text{Glucose}$$

$$\text{Maltotriose} + \text{Maltose} \rightleftharpoons \text{Maltotetraose} + \text{Glucose}$$

وهكذا يلاحظ أن جزيئ الفوسفور لا يدخل في تكوين السكرات المركبة. ولقد وجد أنه في كثير من الأحياء الدقيقة تتكون سكرات عديدة بواسطة إنزيمات Trans glycosylation فمثلاً وجد في *Leuconostoc dextranicum* (وهو أحد الكائنات الدقيقة) إنزيم يسمى Dextran saccharase الذي يساعد تحلل السكروز إلى فركتوز وجلوكوز ووجد أن الفركتوز يستعمله في عمليات التمثيل الغذائي أما الجلوكوز فيستعمله في تكوين مركب الدكستران Dextran ، وكذلك وجد في نوع من بكتريا *Escherichia coli* إنزيم يسمى Amylomaltase الذي يحول سكر المالتوز إلى سكر جلوكوز وسكر عديد بدون أخذ فوسفور . وكل الأمثلة السابقة يلاحظ فيها عملية تحلل ما ئي و عملية نقل مجموعة من المجموعات من مركب إلى مركب آخر.

٣- Transphosphorylation

هذه الإنزيمات تساعد على نقل مجموعة فوسفات مركب إلى مركب آخر. ويصاحب هذه العملية نقل الطاقة سواء كانت طاقة غنية أم طاقة فقيرة. ومن أمثلتها إنزيم Creatine phosphokinase الذي ينقل مجموعة الفوسفات من ATP إلى مركب الكرياتين لتكوين مركب فوسفات الكرياتين مع نقل الطاقة مصحوبة بجزيئي الفوسفات كالآتي :

$$\underset{\text{Creatine}}{HOOC-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{N}-\overset{\overset{NH}{\|}}{C}-NH_2} + ATP \rightleftharpoons \underset{\text{Creatine phosphate}}{HOOC-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{N}-\overset{\overset{NH}{\|}}{C}-NH\,\mathbf{P}} + ADP$$

ومن أهم الأمثلة إنزيمات الفوسفوكينيز وهي منتشرة إنتشاراً كبيراً جداً في جميع الأنسجة الحيوانية والنباتية والخميرة وغيرها . وهي تنقل مجموعة فوسفات من ATP إلى مركبات كثيرة وبالعكس والجدول رقم (٤٩) يوضح بعضها.

جدول رقم (٤٩) :

التفاعل	الإنزيم

Arginine phosphokinase	Arginine ⇌ Arginine- **P**
Hexokinase	Glucose ⇌ Glucose-6- **P**
Hexokinase	Fructose ⇌ Fructose-6- **P**
Hexokinase	Mannose ⇌ Mannose-6- **P**
Gluconokinase	Gluconic acid ⇌ Gluconic acid-6- **P**
Fructokinase	Fructose ⇌ Fructose-1- **P**
Ribokinase	Ribose ⇌ Ribose-5- **P**

*وهناك بعض الإنزيمات التي تنقل مجموعة فوسفات من ATP إلى مركبات UDP لتكوين UTP وكذلك مركب GDP لتكوين مركب GTP وغيرها.

٤- Transglycosylation by phosphorylases

وهي إنزيمات تساعد على نقل مجموعة جلوكوسيدية من مركب إلى مركب آخر . وعموماً تكون مادة البداية هي الجلوكوز ١- فوسفات. ومن أمثلة ذلك إنزيمSucrose phosphorylase، فلقد وجد أن بكتريا *Pseudomonas saccharophilic* يمكنها أن تكون السكروز من الفاجلوكوز – ١- فوسفات وسكر الفركتوز والعملية عكسية أي يمكن أن يحلل السكروز إلى جلوكوز – ١- فوسفات و فركتوز.

Alpha glucose - 1- phosphate + Fructose ⇌ Sucrose

ويمكن إعتبار هذه العملية عملية تكثيف لمجموعتين سكر سداسي لتكوين السكروز بواسطة خروج حمض فوسفوريك أو يمكن إعتبارها عملية نقل مجموعة جلوكوسيد وفيها تنتقل مجموعة جلوكوسيد فوسفوري إلى مجموعة أخرى عبارة عن جلوكوسيد آخر فيتكون سكر السكروز . ويلاحظ هنا أن الجلوكوز فقط بدون الفوسفات لا يمكنه مع الفركتوز أن يكونا سكر السكروز بهذا الإنزيم لذا لابد من فسفرة الجلوكوز أولاً ثم يدخل في التفاعل على هيئة جلوكوز-١- فوسفات.

٥- Transribosylation

وهي تلعب دوراً هاماً في عمليات التمثيل الغذائي للبروتينات النووية ، والسكرات التي تنتقل هنا هي سكرات الريبوز والدي أوكسي ريبوز ويلاحظ أيضاً أنه لا بد من أخذ مجموعات فوسفات لتحويلها إلى Pentose-1-phosphate الذي ينتقل إلى مجموعة البيورين أو مجموعة البيريميدين بواسطة إنزيم Phosphorylase الخاصة بسكرات البنتوزات كالآتي : -

١- يتفاعل سكر الريبوز مع ATP فيتكون ريبوز-٥- فوسفات.

٢- يتحول ريبوز-٥- فوسفات بواسطة إنزيم Mutase إلى ريبوز-١- فوسفات.

٣- تحدث عملية Transribosylation التي تنقل ريبوز-١- فوسفات إلى مجموعة البيورين أو البيريميدين لتكوين الحامض النووي. وأول عملية اكتشفت من هذا النوع هي عملية فسفرة وتكوين مركب Hypothanthine-9-N-B-riboside بواسطة إنزيم Phosphorylase.

(Hypoxanthine + ribose-1-P ⇌ hypoxanthine riboside + H_3PO_4)

وعملية تكوين مركب Adenosine pohsphate يتكون كما سبق شرحه كالآتي:-

$$\text{Adenosine} + \text{Ribose-1-phosphate} \rightleftharpoons \text{Adenosine}$$

$$\text{Adenosine} + \text{ATP} \rightleftharpoons \text{Adenosine monophosphate}$$

Transamination -٦

وهي الإنزيمات التي تنقل مجموعة أمين من مركب إلى مركب آخر. وهذه الإنزيمات منتشرة في جميع أنسجة الحيوانات والنباتات والأحياء الدقيقة. ويمكن تلخيص هذه التفاعلات في الآتي:

$$\underset{\text{Amino acid}}{R-CH(COOH)-NH_2} + \underset{\text{Keto acid}}{R'-C(=O)-COOH} \rightleftharpoons \underset{\text{Keto acid}}{R-C(=O)-COOH} + \underset{\text{Amino acid}}{R'-CH(COOH)-NH_2}$$

ويمكن بهذه الطريقة بناء أحماض أمينية جديدة داخل الجسم. فمثلاً إذا تفاعل حمض أميني جلوتاميك مع حمض كيتوني أوكسالوأسيتيك فيتكون حمض كيتوني الفاكتيوجلوتاريك وحمض أميني جديد عبارة هو حمض أسبارتيك.

$$\underset{\text{Glutamic acid}}{COOH-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH} + \underset{\text{Oxaloacetic acid}}{COOH-CH_2-C(=O)-COOH} \underset{}{\overset{\text{Transaminase}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Alpha keto glutaric acid}}{COOH-CH_2-CH_2-C(=O)-COOH} + \underset{\text{Aspartic acid}}{COOH-CH_2-HC(NH_2)-COOH}$$

وعموماً وجد إنزيم أمينيز يحتوى على البيروكسيدال فوسفات كـ Prosthetic group وهو عبارة عن أحد فيتامينات مجموعة (B) ويمكن تفسير التفاعل كما يلي:

$$\underset{\text{Pyridoxal phosphate}}{\text{P }OH_2C\text{-pyridine(CHO, OH, }CH_3)} + \underset{\text{Alanine}}{H_2N-CH(CH_3)-COOH} + \text{Enzyme - CHO} \overset{-H_2O}{\rightleftharpoons} H_3C-CH(COOH)-N=CH\text{ - Enz.}$$

$$\Updownarrow$$

$$\underset{}{H_2N-CH_2-\text{Enzyme}} + \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} \overset{H_2O}{\rightleftharpoons} H_3C-C(COOH)H=N-CH_2\text{ - Enz.}$$

Transcarbamylation -٧

يتحد ثاني أكسيد الكربون مع النشادر في وجود مركب ATP لتكوين مركب الكرباميل فوسفات بواسطة إنزيم Carbamylase

$$CO_2 + NH_3 + ATP \rightleftharpoons 2HN—COO\sim\sim P$$

وينتقل المركب الناتج من التفاعل بواسطة إنزيمات ناقلة لمجموعة الكرباميل إلى مركب الأورنثين لتكوين مركب السيترولين كما هو الحال في دورة اليوريا التي تحدث في الكبد كالآتي:

$$\underset{\text{Ornithine}}{NH_2-(CH_2)_3-CH(NH_2)-COOH} + \underset{\text{Carbamyl phosphate}}{2HN—COO\sim\sim P} \xrightleftharpoons{\text{Transcarbamylase}} \underset{\text{Citrulline}}{NH_2-C(=O)-NH-(CH_2)_3-CH(NH_2)-COOH}$$

Transamidination -٨

توجد بعض الإنزيمات الخاصة التي يمكن أن تنقل مجموعة الأميدين Amidine من مركب إلى مركب آخر. فمثلاً مجموعة الأميدين في الحمض الأميني أرجنين يمكن أن تنتقل إلى الحمض الأميني جليسين لتكوين مركب الجليكوسيامين كالآتي:-

$$\underset{\text{Arginine}}{NH_2-C(=NH)-NH-(CH_2)_3-CH(NH_2)-COOH} + \underset{\text{Glycine}}{H_2N-CH(H)-C(=O)-OH} \rightleftharpoons \underset{\text{Ornithine}}{NH_2-(CH_2)_3-CH(NH_2)-COOH} + \underset{\text{Glycocyamine}}{NH_2-HC(=NH)-NH-CH_2-COOH}$$

Transmethylation -٩

يوجد هناك مركبات تعطي مجموعة ميثيل تسمى Methyl donator مثل الحمض الأميني الميثونين وتكوين مركب الكرياتين من مركب الجليكوسيامين الذي يحتاج إلى نقل مجموعة ميثل كالآتي :

$$NH_2-C(=NH)-NH-CH_2-COOH + CH_3-S-(CH_2)_2-CH(NH_2)-COOH \rightleftharpoons NH_2-C(=NH)-N(CH_3)-CH_2-COOH + HS-(CH_2)_2-CH(NH_2)-COOH$$

Glycocyamine + Methionine ⇌ Creatine + Homocysteine

١٠- Transthiolation

توجد بعض الإنزيمات التي تساعد على نقل مجموعة (SH) من الحمض الأميني الهوموسستين إلى الحمض الأميني سيرين لتحل محل مجموعة الهيدروكسيل كالآتي :

$$HS-(CH_2)_2-CH(NH_2)-COOH + HOCH_2-CH(NH_2)-COOH \xrightleftharpoons[\text{Cystathionase}]{-H_2O} HOOC-CH(NH_2)-(CH_2)_2-S-CH_2-CH(NH_2)-COOH + H_2O$$

Homocysteine + Serine ⇌ Cystathionine

$$\text{Cystathionine} \xrightleftharpoons{\text{Transthiolase}} HOCH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH + HSCH_2-CH(NH_2)-COOH$$

Homoserine + Cysteine

يساعد هذا التفاعل إنزيمان مختلفان أحدهما لتكوين مركب Cystathionine ويسمى Cystathionase ويوجد في كبد الفئران والآخر لتحليل مركب Cystathionine. وعموماً يعمل البيرودكسال فوسفات كقرين إنزيمي لكلا الإنزيمين.

١١- Transacylation

تعتبر عملية نقل مجموعة الأسيتيل من مركب إلى مركب آخر من أهم التفاعلات الحيوية في عمليات التمثيل الغذائي. و هي تدخل في كثير من تفاعلات نزع السمية لكثير من المواد الغريبة. وكذك وجد في الخلايا إنزيمات تساعد على نقل مجموعة الأسيتيل وتحتاج إلى Co-enzyme A كقرين إنزيمي لازم لإتمام هذا التفاعل وكذلك يحتاج لوجود ATP . ومركب Co-enzyme A الذي ينقل مجموعة Acetyl Co A إلى أي مركب بواسطة إنزيم Acylase ليكون مركب جديد .
ومثال ذلم نقل الأسيتيل إلي الكولين لتكوين مركب الأسيتيل كولين.

$$(CH_3)_3N(OH)-CH_2-CH_2OH + CoAS-CO-CH_3 \rightleftharpoons (CH_3)_3N(OH)-CH_2-CH_2-O-CO-CH_3 + CoASH$$

Choline　　Acetyl Co A　　Acetyl choline

ويمكن أن يتفاعل الأسيتيل قرين أ مع الإينول أوكسالوأسيتيك ليكون حمض الستريك.

$$HOOC-CH=C(OH)-COOH + CoAS-CO-CH_3 \xrightleftharpoons{H_2O} HO-C(COOH)(CH_2COOH)_2 + CoASH$$

Enoloxaloacetic acid　　Acetyl Co A　　Citric acid

١٢- Transketolation

تساعد إنزيمات Transketolase في التفاعلات الآتية:

$$\underset{\text{Ribose-5-phosphate}}{\begin{array}{l} CHO \\ HC-OH \\ H_2C-OH \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}} + \underset{\text{Xylulose-5-phosphate}}{\begin{array}{l} CH_2OH \\ C=O \\ HO-CH \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}} \longrightarrow \underset{\text{Sedoheptolose-7-phosphate}}{\begin{array}{l} CH_2OH \\ C=O \\ HO-CH \\ HC-OH \\ HC-OH \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}} + \underset{\text{Glyceraldehyde-3- phosphate}}{\begin{array}{l} CHO \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}}$$

ويدخل في هذا التفاعل الثيامين فوسفات كمرافق إنزيمي. وهذا النوع من التفاعلات مهمة جداً في عملية البناء الضوئي.

١٣- Transaldolation

تقوم بهذه العملية إنزيمات Transaldolase وتحتاج هذه الإنزيمات إلى الثيامين فوسفات كقرين إنزيمي .

$$\underset{\text{Sedoheptolose-7-P}}{\begin{array}{l} CH_2OH \\ C=O \\ HO-CH \\ HC-OH \\ HC-OH \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}} + \underset{\text{Glyceraldehyde-3-P}}{\begin{array}{l} CHO \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}} \rightleftharpoons \underset{\text{Erythrose-4-P}}{\begin{array}{l} CHO \\ HC-OH \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}} + \underset{\text{Fructose-6-P}}{\begin{array}{l} CH_2OH \\ C=O \\ HO-CH \\ HC-OH \\ HC-OH \\ CH_2O\,\mathbf{P} \end{array}}$$

وهنا إنزيم الألدوليز Aldolase أو Transaldolase الذي يكون مركب الفركتوز ١،٦ ثنائي الفوسفات من مركبي الجلسرألدهيد ٣ فوسفات ومركب الداي هيدروكسي أسيتون فوسفات كما يلي:

$$\underset{\text{Dihydroxy acetone } \mathbf{P}}{CH_2OH-C(=O)-CH_2O\,\mathbf{P}} + \underset{\text{Glyceraldehyde-3-P}}{CHO-HC(OH)-CH_2O\,\mathbf{P}} \xrightleftharpoons{\text{Aldolase}} \underset{\text{Fructose1,6 di } \mathbf{P}}{CH_2O\,\mathbf{P}-C(=O)-HO-CH-HC(OH)-HC(OH)-CH_2O\,\mathbf{P}}$$

Dihydroxy acetone **P**

Glyceraldehyde-3-P

Fructose1,6 di **P**

المجموعة الثالثة: إنزيمات التحلل المائي Hydrolases enzymes

وتعمل هذه الإنزيمات كما يلي:

$$R-R^{/} + HOH \xrightarrow{\text{Hydrolases}} R-OH + R^{/}-H$$

وتشمل هذه الإنزيمات ما يلي:-

أ- الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات Carbohydrases.

ب- الإنزيمات المحللة للبروتينات Proteases.

جـ- الإنزيمات المحللة للدهون Estrases.

أولاً : الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات Carbohydrases

وهذه الإنزيمات تنقسم إلى نوعين:

القسم الأول: إنزيمات تحلل السكريات العديدة ويطلق عليها Polysaccharases ومنها:-

أ- إنزيمات الأميليز Amylases enzymes

من المعروف أن النشا يتكون من مخلوط من مركبين هما الأميلوز والأميلوبكتين . ويتكون الأميلوز من وحدات من الجلوكوز متحدة مع بعضها إتحاداً جليوكوسيديا برابطة من النوع ألفا (١-٤) أما الأميلوبكتين فيتكون من سلاسل عديدة تتكون من إتحاد وحدات الجلوكوز إتحاداً جليكوسيديا برابطة ألفا (١-٤) أما السلاسل فترتبط مع بعضها بروابط الفا (١-٦) ويوجد نوعين من إنزيمات الأميليز :-

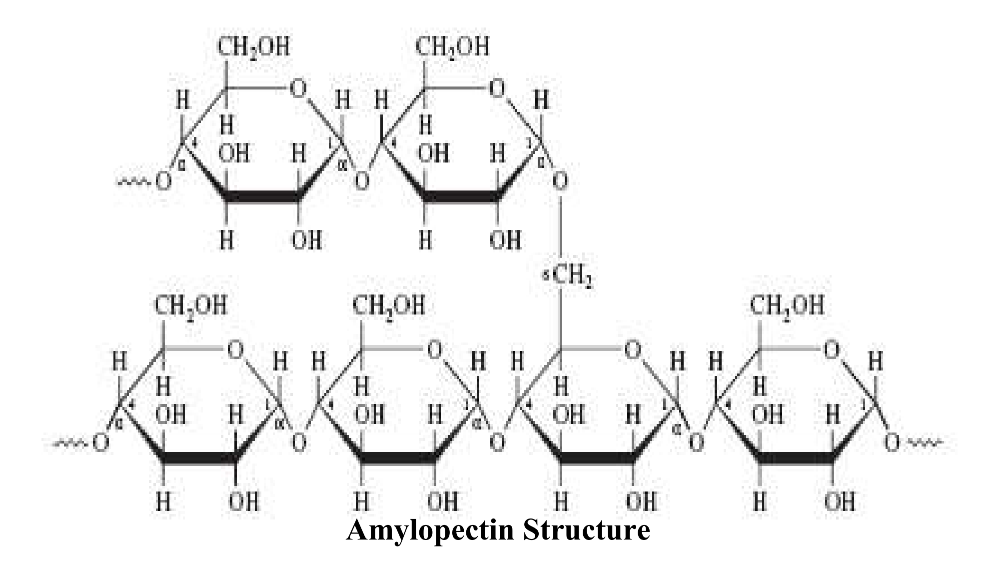
١- ألفا أميليز Alpha amylase

ويطلق عليه أيضاً Endoamylase وهو يؤثر على جزيئ الأميلوز بحيث يحلله مائياً إلى جزئيات سكر مالتوز وكذلك يؤثر على جزيئ الأميلوبكتين بحيث يفصل جزئيات مالتوز من أطراف السلسلة فقط ويقف فعله كلما إقترب من موضع تلاقي سلاسل الأميلوبكتين مع بعضها أي بين الرابطة (١-٦).

٢- بيتا أميليز Beta amylase

ويسمى أيضاً Exoamylase وهو يؤثر على مركب الأميلوبكتين فتحلل كل الجزيئ إلى جزئيات سكر مالتوز أي يؤثر على الرابطة (١-٦).

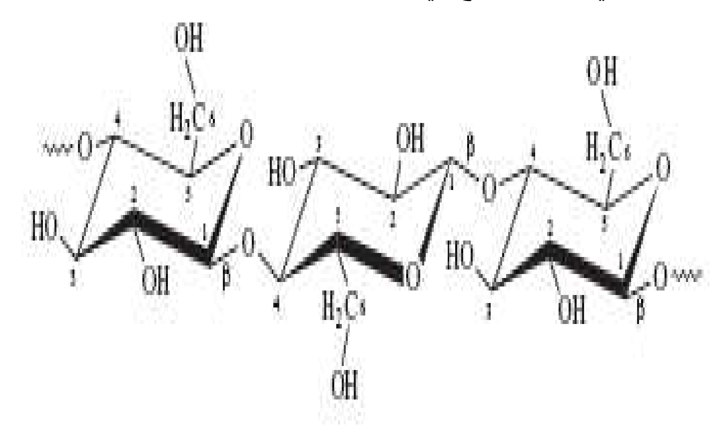
Amylose Structure



Amylopectin Structure

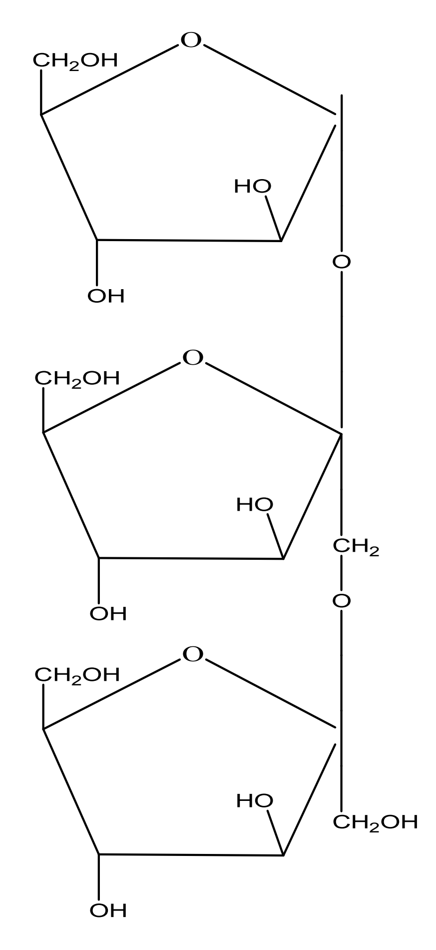
ب- إنزيم السليوليز Cellulase

يحلل هذا الإنزيم مادة السليولوز إلى سكر جلوكوز. وعادة لا يوجد في معدة الحيوانات التي تأكل الحشائش أو المواد السيللوزية ولكن يفرز بواسطة بعض الأحياء الدقيقة التي تعيش داخل القناة الهضمية لهذه الحيوانات. وهذا الإنزيم يؤثر على الرابطة بيتا (١-٤) بشرط وجود جلوكوز على جانبي الرابطة وينتج في نهاية التحليل سلوبيوز.



جـ- إنزيم الإنيوليز Inulase

وهو يهاجم سكر الأنيولين ويحلله لوحدات من السكر الثنائي.



Inulin

القسم الثاني : إنزيمات الجليكوسيديز Glycosidases

أ- إنزيم الألفا جليكوسيديز Alpha glycosidase

وهو يهاجم الرابطة ألفا للسكرات الثنائية حيث يرتبط الجلوكز بالهيمى استيال أي كان الطرف الثاني إذا كان كحول أو جلوكوز أو أي مركب آخر

ب- إنزيم البيتا جليكوسيديز Beta glycosidase

وهو يشبه الإنزيم السابق في كل شيء إلا أنه يهاجم الرابطة بيتا للسكرات الثنائية.

جـ- إنزيم الإنفرتيز Invertase or saccharases

وهو واسع الانتشار جداً في الحيوانات والنباتات والأحياء الدقيقة ويوجد منه نوعان :

١- إنزيم الجلوكوسكاريز Glucosaccharases وهو يوجد في الحيوانات

٢- إنزيم الفركتوسكاريز Fructosaccharases وهو يوجد في الخميرة

وتقوم هذه الإنزيمات بمهاجمة السكروز أو أي فركتوفورانوسيد ولكن الفرق بين الإثنين أن الفركتوسكاريز يمكن ان يؤثر على السكر الثلاثي الرافينوز.

ثانياً : إنزيمات التحلل المائي للبروتينات Proteases

وهذه تنقسم إلى قسمين رئيسيين:

القسم الأول:

إنزيمات متخصصة في كسر الرابطة الببتيدية ذات الوزن الجزئي المرتفع لإعطاء جزئيات أصغر وتسمى إنزيمات الهضم Digestive proteases وهي إنزيمات تحول البروتينات إلى ببتدات ويمكن أيضاً أن تؤثر في مواد أبسط في التركيب من البروتينات وتشمل أنزيمات:

١- البيسين Pepsin

وهذا الإنزيم يفرز بواسطة خلايا جدار المعدة على هيئة ببسينوجين Pepsinogen ويكون غير نشط ثم يتحول إلى ببسين Pepsin فعال بواسطة حامض الهيدروكلوريك الموجود في المعدة وهذا الإنزيم المنشط يعمل على تنشيط الببسينوجين ويسمى ذلك Auto catalytic effect. ولهذا الإنزيم تخصص شديد إذ أنه يهاجم الرابطة الببتيدية الموجودة بين حامض أميني من نوع L- dicarboxylic amino acid مثل الحمض الأميني جلوتاميك في الصورة L وحامض أميني آخر من نوع -L aromatic amino acid مثل الحمض الأميني تيروزين في الصورة L.

Tyrosine

Glutamic

ويشترط لاتمام هذا التفاعل ما يلي:

(١) أن تكون مجموعة الكربوكسيل الأخرى بالحامض ثنائي الكربوكسيل حرة غير مرتبطة .

(٢) أن لا توجد مجموعة أمينية حرة مجاورة مباشرة للرابطة الببتيدية.

(٣) أن تكون الأحماض الأمينية على صورة L .

(٤) عدم وجود مجموعة أميد قريبة من الروابط.

وعلى ذلك تكون الروابط التي تتكسر بواسطة الببسين كما هي موضحة في **الجدول رقم (٥٠) التالي** :

Substrate	Pepsin effect
Glycyl –L- Glutamyl-L- Tyrosine	+
L-Glutamyl –L- Tyrosine	+
R-L-Glutamyl-L- Tyrosine amide	––
R-D-Glutamyl – L- Tyrosine	––
R-L-Glutamyl – D- Tyrosine	––
R-L-Glutamyl – L- Phenyl alanine	+

٢- الكيموتربسين Chymotrypsin

وهذا الإنزيم يفرز بواسطة البنكرياس على هيئة إنزيم غير فعال يسمى Chymotrypsinogen وينشط بواسطة إنزيم التربسين وهو يشبه إنزيم الببسين في أنه يؤثر على رابطة ببتيدية تحتوى إحداهما على حمض أميني ذو مجموعة فينايل والفرق بينهما أن إنزيم الببسين يهاجم الرابطة من ناحية مجموعة الأمين للحمض الأميني المحتوى على مجموعة فينايل بينما نجد أن إنزيم الكيموتربسين يؤثر على الرابطة من ناحية مجموعته الكربوكسيلية وليس من الضروري وجود حامض أميني ثنائي الكربوكسيل ويختلف أيضاً عن إنزيم الببسين في إنه لا يهاجم رابطة ببتيدية قريبة من مجموعة كربوكسيل حرة.
والشكل التالي يوضح الفرق بين مواضع عمل كلا الإنزيمين علي الروابط الببتيدية:

Pepsin

Chymotrypsin

٣- التربسين Trypsin

يؤثر هذا الإنزيم على الرابطة الببتيدية المكونة من المجموعة الكربوكسيلية للأحماض الأمينية الأرجنين أو الليسين مع مجموعة أمينية أخرى بشرط أن تكون المجموعة الأمينية الثانية لليسين أو الأرجنين حرة.

Tyrpsin

القسم الثاني:

إنزيمات متخصصة في كسر الجزئيات الصغيرة إلى أحماض أمينية وتشمل:

أ- كربوكسيل ببتيديز Carboxyl peptidase

ويؤثر هذا الإنزيم على الببتيدات العديدة بحيث يهاجم الببتيدات من الجهة التي بها حامض أميني يحتوى على مجموعة كربوكسيل حرة ولا يستطيع مهاجمة المركب إذا كان موجوداً به مجموعة أمين حرة مجاورة للرابطة الببتيدية. ويوجد أنواع كثيرة من هذه الإنزيمات تستخدم في الأغراض الصناعية.

Carboxyl peptidase

ب- أمينو ببتيديز Amino peptidase

وهذا الإنزيم يهاجم الرابطة الببتيدية من ناحية مجموعة الأمين الحرة بشرط وجود حامض الليوسين ولا يعمل إذا وجدت مجموعة الكربوكسيل حرة مجاورة للرابطة الببتيدية . ويوجد منها أنواع كثيرة تستعمل أيضاً في الأغراض الصناعية.

$$H_3N-\underset{\underset{\underset{H_3C\ \ CH_3}{CH}}{|}}{\overset{}{CH}}(CH_2)-\overset{O}{\overset{\|}{C}}\ \wr\ \overset{H}{N}-\overset{H_2}{C}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{H}{N}-R$$

Amino peptidase

ثالثاً : الإنزيمات المحللة للدهون Estrases

وتنقسم هذه الإنزيمات إلى قسمين رئيسين هما :

(١) إنزيمات تقوم بالتحليل المائي لإسترات الأحماض العضوية وتشمل:

أ- إنزيم الليبيز Lipase

ينتشر هذا الإنزيم في إفرازات الأمعاء والبنكرياس في الحيوانات وكذلك يوجد في بذور بعض النباتات وفي بعض الكائنات الدقيقة. وعموماً فتخصص هذا الإنزيم ضعيف بالنسبة للتركيب الكيماوي ولكن تخصصه شديد جداً بالنسبة للتشابه الضوئي. ويحلل هذا الإنزيم كل الإسترات العضوية التي تحتوى على أي حمض عضوي قد يكون حمض الخليك أو حمض بالمتيك أو إستياريك ، وقد تكون أحماض دهنية طويلة السلسلة مشبعة أو غير مشبعة مرتبطة مع كحول بشرط ألا يكون هذا الإستر ذائباً تماماً حيث يفضل الإنزيم مهاجمة الإسترات الموجودة على هيئة مستحلب Emulsion.

$$\begin{array}{l} H_2C-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R \\ \quad | \\ HC-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R^{/} \\ \quad | \\ H_2C-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R^{//} \end{array} + 3\,H_2O \xrightarrow{Lipase} \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + \begin{array}{l} R-COOH \\ R^{/}-COOH \\ R^{//}-COOH \end{array}$$

Triglyceride — Glycerol — Organic acids

ويجب ملاحظة أن الأحماض العضوية لا تنفصل مرة واحدة من إستر الجلسريد الثلاثي (Triglyceride) بل أنها تنفصل على مراحل ولذا يمكن وجود مركبات Monoglyceride , Diglyceride كمركبات وسطية أثناء التحليل المائي للجلسريدات الثلاثية.

ب- إنزيم الليسيثيناز Licithinase

وهذا الإنزيم يحلل مركب الليسيثين (Licithine) حيث ينفصل حامض عضوي واحد فقط من الأحماض العضوية المتصلة بالجليسرين ويبقي مركب يسمي ليزوليسيثين Lysolicithine الذي له القدرة على تمزيق كرات الدم الحمراء.

$$\text{Licithine} + H_2O \xrightarrow{\text{Licithinase}} \text{Lysolicithine} + R{-}COOH$$

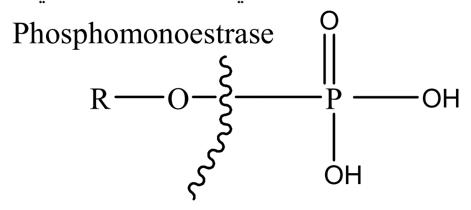
(٢) إنزيمات تقوم بالتحليل المائي لإسترات الأحماض غير العضوية وتشمل:

أ- إنزيم الفوسفاتيز Phosphatase

وهذه الإنزيمات موجودة في جميع الأنسجة تقريباً. ويوجد منها أنواع مختلفة مثل:

١- Phosphomonoestrase

ويوجد منه نوعين: الأول هو الفوسفاتيز القلوي Alkaline phosphatase وهي تعمل في الوسط القلوي مثل فوسفاتيز الدم أو فوسفاتيز العظام والنوع الثاني هو الفوسفاتيز الحامضي Acidic phosphatase وهي تعمل في الوسط الحامضي مثل فوسفاتيز الحيوانات المنوية. وهذه الإنزيمات تحلل المركبات التي تشبه التركيب التالي تحليلا مائياً :



٢- Phosphodiestrase

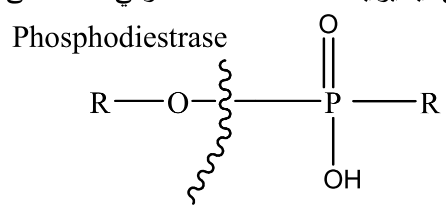
ومن أنواع هذه الإنزيمات:

أ- Nucleotidase

ب- Ribonuclease

ج- Deoxyribonuclease

وهي تحلل الأحماض النووية وتحولها إلى نيكليوتيدات Nucleotides وهي تعمل على المركبات التي تشبه التركيب التالي:



٣- PolyPhosphoestrase

ومن أهم أمثلة هذا النوع إنزيم Adenosine triphosphatase وهو موجود في العضلات ويمكن له تحليل مركب ATP

رابعا: بعض إنزيمات التحليل المائي الأخرى

١-إنزيم أرجينيز Argenase

يحلل هذا الإنزيم الحمض الأميني أرجنين إلى الأورنثيين واليوريا ويشترط وجود مجموعة الكربوكسيل لحامض الأرجنين على صورة حرة غير مرتبطة. ويعمل هذا الإنزيم في الوسط القلوي.

$$\underset{\text{Arginine}}{H_2N-C(=NH)-NH-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH} \xrightarrow{\text{Arginase}} \underset{\text{Ornithine}}{H_2N-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH} + \underset{\text{Urea}}{H_2N-CO-NH_2}$$

٢- إنزيم اليورييز Urease

يوجد هذا الإنزيم في بعض الحبوب وفي الأنسجة المختلفة للحيوانات اللافقارية وهو اول إنزيم فصل على صورة بللورية . وهو يحلل اليوريا إلى أمونيا و ثاني أكسيد الكربون.

$$\underset{\text{Urea}}{H_2N-CO-NH_2} + H_2O \xrightarrow{\text{Urease}} CO_2 + 2\,NH_3$$

٣- إنزيم الجلوتامينيز Glutaminase

وهو يحول الحمض الأميني الجلوتاميك إلى الجلوتامين.

$$\underset{\text{Glutamic acid}}{HO-CO-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH} + NH_2 \underset{+\,H_2O}{\overset{-\,H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Glutamine}}{H_2N-CO-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH}$$

المجموعة الرابعة: إنزيمات Lyases

وهذه الإنزيمات تضيف أو تنزع إحدى المجموعات من مركب لتحويله إلى مركب آخر وهى تنقسم إلى ثلاثة أقسام حسب المجموعة التي تقوم بإضافتها أو نزعها إلي:

القسم الأول: إنزيمات تضيف أو تنزع ماء

١ – إنزيم Acotinase

ويعمل هذا الإنزيم خلال عمليات الأكسدة في دورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل حيث يعمل علي تحويل حمض الستريك إلي الأيزوستريك كما يلي:

$$\underset{\text{Citric acid}}{\begin{array}{c} H_2C—COOH \\ | \\ HO—C—COOH \\ | \\ H_2C—COOH \end{array}} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Cis. aconitic acid}}{\begin{array}{c} HC—COOH \\ \| \\ HO—C—COOH \\ | \\ H_2C—COOH \end{array}} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Isocitric acid}}{\begin{array}{c} H \\ HO—C—COOH \\ | \\ HO—C—COOH \\ | \\ H_2C—COOH \end{array}}$$

٢ – إنزيم Enolase

وهذا الإنزيم يحتاج إلى الماغنسيوم ويحول مركب 2-Phosphogyceric acid إلى مركب الفوسفواينول بيروفيك.

$$\underset{\text{2-Phosphoglyceric acid}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ HO—C—O\,\mathbf{P} \\ | \\ CH_2OH \end{array}} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O \quad Mg^{+2}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{2-Phosphoenol pyruvic acid}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ C—O\,\mathbf{P} \\ \| \\ CH_2 \end{array}}$$

٣ – إنزيم Fumarase

وهو يحول حامض الفيوماريك إلى حامض الماليك كما يلي:

$$\underset{\text{Fumaric acid}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CH \\ \| \\ CH \\ | \\ COOH \end{array}} + H_2O \xrightarrow{\text{Fumarase}} \underset{\text{Malic acid}}{\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}}$$

٤ – إنزيم Glyoxalase

وهو إنزيم منتشر جداً في جميع الأنسجة الخاصة بالحيوانات وهو يحول مركب Methyl glyoxal إلى حامض اللاكتيك. ويحتاج هذا الإنزيم إلى مركب جلوتاثيون كقرين إنزيمي.

$$\underset{\text{Methyl glyoxal}}{CH_3-C(=O)-CHO} + H_2O \xrightarrow{\text{Glyoxalase}} \underset{\text{Lactic acid}}{CH_3-CHOH-COOH}$$

٥- إنزيم Serine deaminase

وهو إنزيم يساعد في نزع جزيئ ماء من الحمض الأميني سيرين خلال عمليات نزع الأمين كما يلي:

$$\underset{\text{Serine}}{H_2N-CH(COOH)-CH_2OH} \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O}{\rightleftharpoons}} CH_2=C(NH_2)-COOH \longrightarrow CH_3-C(=NH)-COOH \longrightarrow \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} + NH_3$$

القسم الثاني: إنزيمات تضيف أو تنزع مجموعة CO_2

وهذه الإنزيمات هي التي تساعد على عمليات تثبيت ثاني أكسيد الكربون خلال عمليات التمثيل الكلوروفيلي وهذه الإنزيمات تسمى بإنزيمات الكربوكسيليز.

١- إنزيم الألفاكربوكسيليز Alpha carboxylase

ويوجد في بعض الأحياء الدقيقة وفي النباتات ويحتوى هذا الإنزيم على الماغنسيوم وال Prosthetic group عبارة عن ATP حيث يتحد مع حمض البيروفيك ثم ينفصل ثانية بعد عملية نزع الكربوكسيل.

$$\underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} \xrightarrow{\text{Alpha carboxylase}} \underset{\text{Acetaldehyde}}{H-C(=O)-COOH} + CO_2$$

٢- إنزيم Malic decarboxylase

وهذا الإنزيم يمكن أن يوضع مع أقسام إنزيمات إضافة أو نزع CO_2 وكذلك مع إنزيمات الديهيدروجينيز Dehydrogenase لأنه يساعد علي العمليتين :

$$\underset{\text{Malic acid}}{COOH-CHOH-CH_2-COOH} + NADP \overset{\text{Malic decarboxylase}}{\rightleftharpoons} \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} + CO_2 + NADPH+H^+$$

٣- إنزيم Oxaloacetic decarboxylase

وهذا الإنزيم منتشر جداً لأنه يساعد على تحويل حمض الأوكسالوأسيتيك إلي حمض البيروفيك والعكس.

$$\underset{\text{Oxaloacetic acid}}{HOOC-CH_2-C(=O)-COOH} \xrightleftharpoons{\text{Oxaloacetic decarboxylase}} \underset{\text{Pyruvic acid}}{CH_3-C(=O)-COOH} + CO_2$$

٤ – إنزيم **Oxalosuccinic decarboxylase**

ويعمل علي تحويل حمض الأوكسالوسكسينيك إلأي حمض الألفا كيتوجلوتاريك في وجود أيونات المنجنيز أو المغنسيوم.

$$\underset{\text{Oxalosuccinic acid}}{O=C(COOH)-HC(COOH)-H_2C-COOH} \underset{\text{Oxalosuccinic decarboxylase}}{\overset{Mn^{+2} \text{ or } Mg^{+2}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{Alpha keto glutaric acid}}{O=C(COOH)-CH_2-H_2C-COOH} + CO_2$$

٥ – إنزيم **Carbonic anhydrase**

ويحتوى هذا الإنزيم على الزنك ويعمل علي تحلل حمض الكربونيك إلي ثاني أكسيد الكربون والماء.

$$O=C(OH)_2 \xrightleftharpoons{\text{Carbonic anhydrase}} H_2O + CO_2$$

القسم الثالث: إنزيمات تضيف أو تنزع مجموعة أمونيا

ومنها إنزيم Aspartase وهو يساعد على عملية إضافة أو نزع مجموعة أمونيا كالأتي :

$$\underset{\text{Aspartic acid}}{HOOC-CH_2-CH(NH_2)-COOH} \xrightleftharpoons{\text{Aspartase}} \underset{\text{Fumaric acid}}{HOOC-CH=CH-COOH} + NH_3$$

المجموعة الخامسة: إنزيمات التشابه Isomerazes

وهي بعض الإنزيمات التي تعمل على تحويل بعض المركبات إلى مركبات مشابهة لها ويوجد من هذه الإنزيمات نوعان:

أولاً : Isomerazes enzymes

وهي تساعد على تحويل مركب إلى مركب مشابه له بسيط Simple isomerization ومن هذه الإنزيمات:

١- Triose phosphate isomerases

وهو يساعد على تحويل مركب ٣-فوسفو جلسرألدهيد إلى مركب الدايهيدروكسي أسيتون فوسفات وبالعكس ويتم ذلك في خطوتين كما يلي :-

CHO – HC–OH – CH_2O **P** ⇌ CHOH = C–OH – CH_2O **P** ⇌ CH_2OH – C=O – CH_2O **P**

Glyceraldehyde 3-phosphate　　Enol form　　Dihydroxy acetone phosphate

٢- Phosphohexo isomerase

وهو يساعد على تحويل الجلوكوز ٦ فوسفات إلي فركتوز ٦ فوسفات كما يلي:

CHO; H–C–OH; H–C–OH; HO–C–H; H–C–OH; CH_2O **P** ⇌ CH_2OH; C=O; H–C–OH; HO–C–H; H–C–OH; CH_2O **P**

Glucose-6-phosphate　　Fructose-6-phosphate

٣- Phosphomanno isomerase

وهو يساعد على تحويل المانوز ٦ فوسفات إلي فركتوز ٦ فوسفات كما يلي:

CHO; HO–C–H; HO–C–H; H–C–OH; H–C–OH; CH_2O **P** ⇌ CH_2OH; C=O; H–C–OH; HO–C–H; H–C–OH; CH_2O **P**

Mannose-6-phosphate　　Fructose-6-phosphate

٤- Phosphoribo isomerase

وهو يساعد على تحويل سكر الريبوز ٥ فوسفات إلي ريبولوز ٥ فوسفات كما يلي:

Ribose-5-phosphate ⇌ Ribulose-5-phosphate

ثانياً : Mutases enzymes

وهي تساعد على إحداث تحوير داخل الجزئ يشمل موضع مجموعة الفوسفات فقط. ومن هذه الإنزيمات ما يأتي : –

١ – إنزيم فوسفوجلوكوميوتيز Phospho gluco mutase

وهو يساعد على تحويل مركب الجلوكوز ١ فوسفات إلى مركب جلوكوز ٦ فوسفات ويطلق على هذا الإنزيم أيضاً Phospho hexo mutase

Glucose-1-phosphate ⇌ Glucose-6-phosphate

وهذا الإنزيم يمكنه تحويل المانوز ١ فوسفات إلى مانوز ٦ فوسفات وكذلك يمكنه تحويل الجلاكتوز ١ فوسفات إلى الجلاكتوز ٦ فوسفات أو العكس.

٢ – إنزيم فوسفوجلسروميوتيز Phospho glycero mutase

ويساعد هذا الإنزيم علي تحويل مركب ٣ فوسفو جلسريك أسيد إلي مركب ٢ فوسفو جلسريك أسيد كما يلي:

3-Phosphoglyceric acid ⇌ 2-Phosphoglyceric acid

المجموعة السادسة: إنزيمات التخليق أو التكوين Ligases or synthetases:

وهي عبارة عن إنزيمات تساعد علي تكوين المركبات المعقدة من مركبات أبسط منها باستخدام مركب ATP ويطلق عليها Activating enzymes ، وتتميز هذه المجموعة من الإنزيمات بأنها عالية التخصص بالنسية لمادة التفاعل(Substrate).

وتدخل هذه الإنزيمات في التخليق الحيوي للبروتين من الأحماض الأمينية ، ولكل حمض أميني إنزيم خاص به يعمل علي تنشيطه ليصبح قادرا علي الدخول في سلسلة البروتين.

ومن أمثلة هذا النوع من الإنزيمات:

:Glutamine synthetase

وهو يعمل علي تخليق مركب الجلوتامين من حمض الجلوتاميك في وجود مجموعة أمونيا وباستخدام جزيء من ATP.

$$HOOC-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH + NH_3 + ATP \xrightarrow{\text{Glutamine synthetase}} H_2N-CO-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH + ADP + Pi$$

Glutamic acid　　　　Glutamine

ثالثاً: المواد الحاملة للطاقة - التخليق الحيوي Biosynthesis

(١) تخليق (بناء) الكربوهيدرات : Carbohydrate Synthesis

تعتبر التفاعلات السابقة سواء كانت انتاج الطاقة فى الحيوانات وحيدة المعدة والحيوانات المجترة جميعها تفاعلات هدم (Catabolism or Exergonic reactions) ينتج عن هذه التفاعلات طاقة تستغل هذه الطاقة فى أعادة بناء الكربوهيدرات مرة أخرى مثل بناء سكر الجلوكوز فى الحيوانات وحيدة المعدة وسكر اللبن (اللاكتوز) فى الحيوانات المجترة والتى تسمى بتفاعلات البناء (Anabolism or Endergonic reactions).

(١) تخليق سكر الجلوكوز : Glucose synthesis

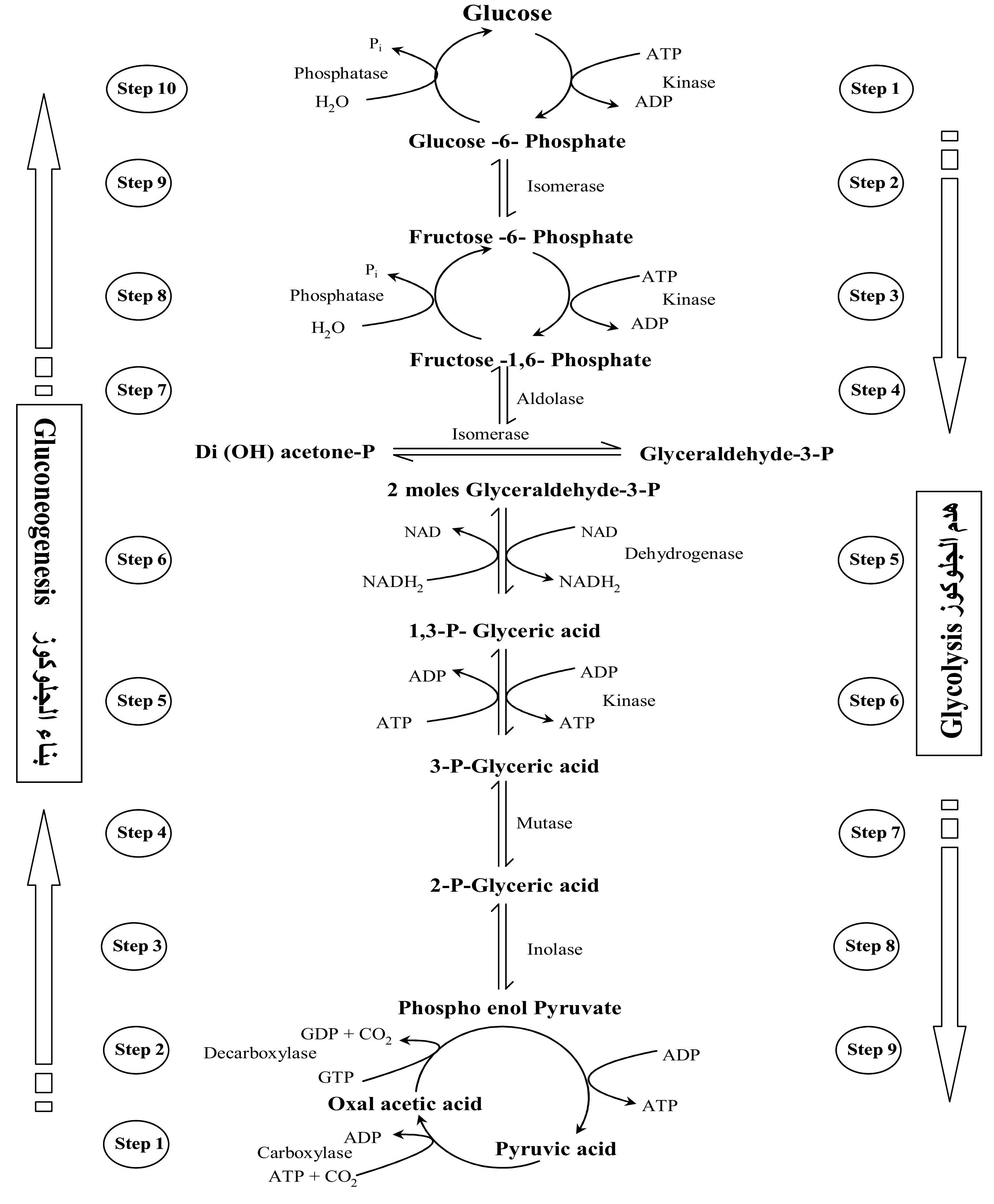
تسمى عملية تخليق أو بناء الجلوكوز بالـ Gluconeogenesis وفى هذه العملية يعاد بناء سكر الجلوكوز من حامض البيروفيك Pyruvic acid وتتم هذه العملية كما يلى:

١- تحويل حامض البيروفيك Pyruvic acid الى حامض الأوكسالوأسيتك Oxal acetic acid بواسطة انزيم Carboxylase.

٢- تحويل حامض الأوكسالو أسيتك Oxal acetic acid الى الفوسفو اينول بيروفاتPhospho enol pyruvate بواسطة انزيم Kinase ويتم استهلاك جزىء من مركب الطاقة GTP. ويتم بعد ذلك تحويل الفوسفو اينول بيروفات على عدة خطوات (عكس دورة الـ Glycolysis) الى Fructose -1,6- phosphate .

٣- تحويل Fructose -1,6- phosphate الى Glucose -6- phosphate بواسطة انزيم Phosphatase أى عكس ما هو متبع فى دورة الـ Glycolysis.

٤- تحويل Glucose -6- phosphate الى سكر الجلوكوز Glucose بواسطة انزيم Phosphatase.


Glucose
Pi
Phosphatase
H2O
ATP
Kinase
ADP
Step 10
Step 1
Glucose -6- Phosphate
Step 9
Step 2
Isomerase
Fructose -6- Phosphate
Pi
Phosphatase
H2O
ATP
Kinase
ADP
Step 8
Step 3
Fructose -1,6- Phosphate
Step 7
Step 4
Aldolase
Gluconeogenesis بناء الجلوكوز
Isomerase
Di (OH) acetone-P
Glyceraldehyde-3-P
2 moles Glyceraldehyde-3-P
NAD
NAD
Dehydrogenase
NADH2
NADH2
Step 6
Step 5
هدم الجلوكوز Glycolysis
1,3-P- Glyceric acid
ADP
ADP
Kinase
ATP
ATP
Step 5
Step 6
3-P-Glyceric acid
Step 4
Step 7
Mutase
2-P-Glyceric acid
Step 3
Step 8
Inolase
Phospho enol Pyruvate
GDP + CO2
Decarboxylase
GTP
ADP
ATP
Step 2
Step 9
Oxal acetic acid
Step 1
ADP
Carboxylase
ATP + CO2
Pyruvic acid

(٢) تخليق سكر اللبن (اللاكتوز) : Milk sugar synthesis (Lactose)

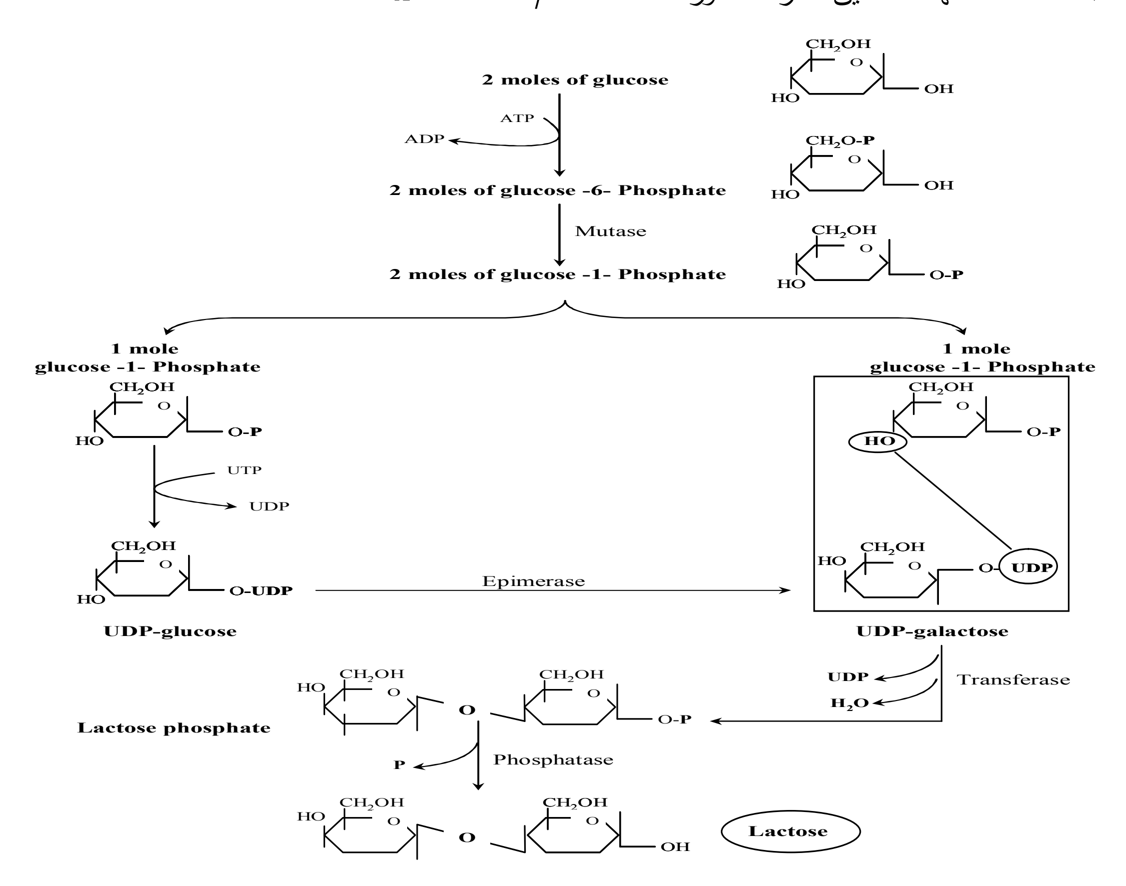
يتم تخليق سكر اللاكتوز من سكر الجلوكوز كما يلى:

١- فى البداية يتم فسفرة جزىء الجلوكوز (phosphorylation) ويتحول الى Glucose -6- phosphate فى وجود انزيم الـ Kinase ويتم استهلاك جزىء واحد من مركب الطاقة ATP.
٢- بواسطة انزيم الـ Mutase يتم تحويل Glucose -6- phosphate الى Glucose -1- phosphate.
٣- يتم تنشيط Glucose -1- phosphate بالـ UTP فيتكون UDP-glucose.
٤- تحدث عملية Epimerization حيث يقوم انزيم Epimerase بتحويل UDP-glucose الى UDP-galactose.
٥- يرتبط UDP-galactose مع Glucose -1- phosphate فى وجود انزيم Transferase حيث يتكون Lactose phosphate (lactose-P).
٦- يقوم انزيم Phosphatase بتحويل Lactose phosphate الى سكر اللبن (اللاكتوز Lactose).

جدول رقم (٥١) : حساب الطاقة المستهلكة لتخليق واحد مول أو واحد جزىء من سكر اللبن أو سكر اللاكتوز

التفاعـــل	الطاقة المستهلكـة
٢ مول جلوكوز مستهلك	٢ x ٢٨٧٠ = ٥٧٤٠ كيلو جول
٢ مول جلوكوز الى ٢ مول جلوكوز -٦- فوسفات	٢ x ٣٣.٥ = ٦٧ كيلو جول
١ مول جلوكوز -١- فوسفات الى UDP جلوكوز	١ x ٣٣.٥ = ٣٣.٥ كيلو جول
	٥٨٤٠.٥ كيلو جول طاقة مستهلكة

- الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق او تكوين مول واحد من سكر اللبن = ٥٨٤٠.٥ كيلو جول
- وعند حرق واحد مول من سكر اللاكتوز فى بمبة المسعر ينتج طاقة مقدارها ٥٦٢٧.٦ كيلو جول.
- اذا كفاءة الطاقة المستهلكة لتخليق سكر اللاكتوز = ٥٦٢٧.٥ / ٥٨٤٠.٥ x ١٠٠= ٩٦.٤%



(٣) ثالثا: تخليق الجليكوجين Glycogenesis

يعتبر الجليكوجين هو أهم سكر عديد داخل جسم الحيوان حيث يعتبر المخزن الرئيسي للطاقة ويخزن بشكل رئيسي في الكبد والعضلات.

يبدأ تخليق الجليكوجين بمركب الجلوكوز ٦- فوسفات حيث يتحول إلي مركب الجلوكوز ١- فوسفات بواسطة انزيم Phosphoglucomutase كما في المعادلة التالية:

α-D-Glucose 6-phosphate ⇌ (Phosphoglucomutase) α-D-Glucose 1-phosphate

بعد ذلك يتم تنشيط مركب الجلوكوز ١- فوسفات بالتفاعل مع مركب UTP لينتج مركب UDP-glucose وتنفرد مجموعتي فوسفات ثم يلي ذلك في الخطوة الأخيرة يتم إضافة الجلوكوز المنشط UDP-glucose إلي بواقي الجليكوجين عند الطرف غير المختزل ويتم ذلك بواسطة إنزيم Glycogen synthase كما في الشكل التالي:

UDP-glucose + Glycogen (n residues) → (Glycogen synthase) UDP + Glycogen (n + 1 residues)

بناء الكربوهيدرات في النبات :

توضح المعادلات التالية خطوات تثبيت ثاني أكسيد الكربون في النبات:

$H_2C—O\,P$ | $C{=}O$ | $C—OH$ | $C—OH$ | $2HC—O\,P$

Ribulose diphosphate

Ri.Di P. Carboxylase

CO_2

$H_2C—O\,P$ | $HC—OH$ | $O{=}C—OH$ + $H_2C—O\,P$ | $HC—OH$ | $O{=}C—OH$

Phosphoglyceric acid

2ATP

2ADP

2 [$H_2C—O\,P$ | $HC—OH$ | $O{=}C—O\,P$]

Diphosphoglyceric acid

$2NADPH\ H^+$

2NADP

2 Pi

$H_2C—O\,P$ | $HC—OH$ | $HC{=}O$ + $H_2C—O\,P$ | $HC—OH$ | $HC{=}O$

Glyceraldehyde phosphate

$CH_2 - O - P$ | $C{=}O$ | CH_2OH

Dihydroxy acetonphosphate

$H_2C—OH$ | $C{=}O$ | $HO—C—H$ | $H—C—OH$ | $H—C—OH$ | $H_2C—OH$

Fractose

(٢) تخليق الاحماض الدهنية
Fatty acid Anabolism (Biosynthesis)

يتم تخليق الاحماض الدهنية فى معظم الخلايا الحيوانية ويعتبر الكبد هو مصدر التخليق الاساسى وتتم عملية التخليق فى السيتوبلازم والميتوكونريا الا أن التخليق فى السيتوبلازم أوسع انتشارا. ويبدأ الجسم فى تخليق الاحماض الدهنية عندما يقل مستوى المواد الدهنية أو يزيد مستوى الكربوهديرات او البروتين فى المواد الغذائية التى يتغذى عليها الانسان او الحيوان.
ومن المعروف أن الدهن عبارة عن جلسرين ثلاثي يتكون من ارتباط كحول الجلسرول مع ٣ أحماض دهنية بروابط أستر Ester كما فى المعادلة التالية:

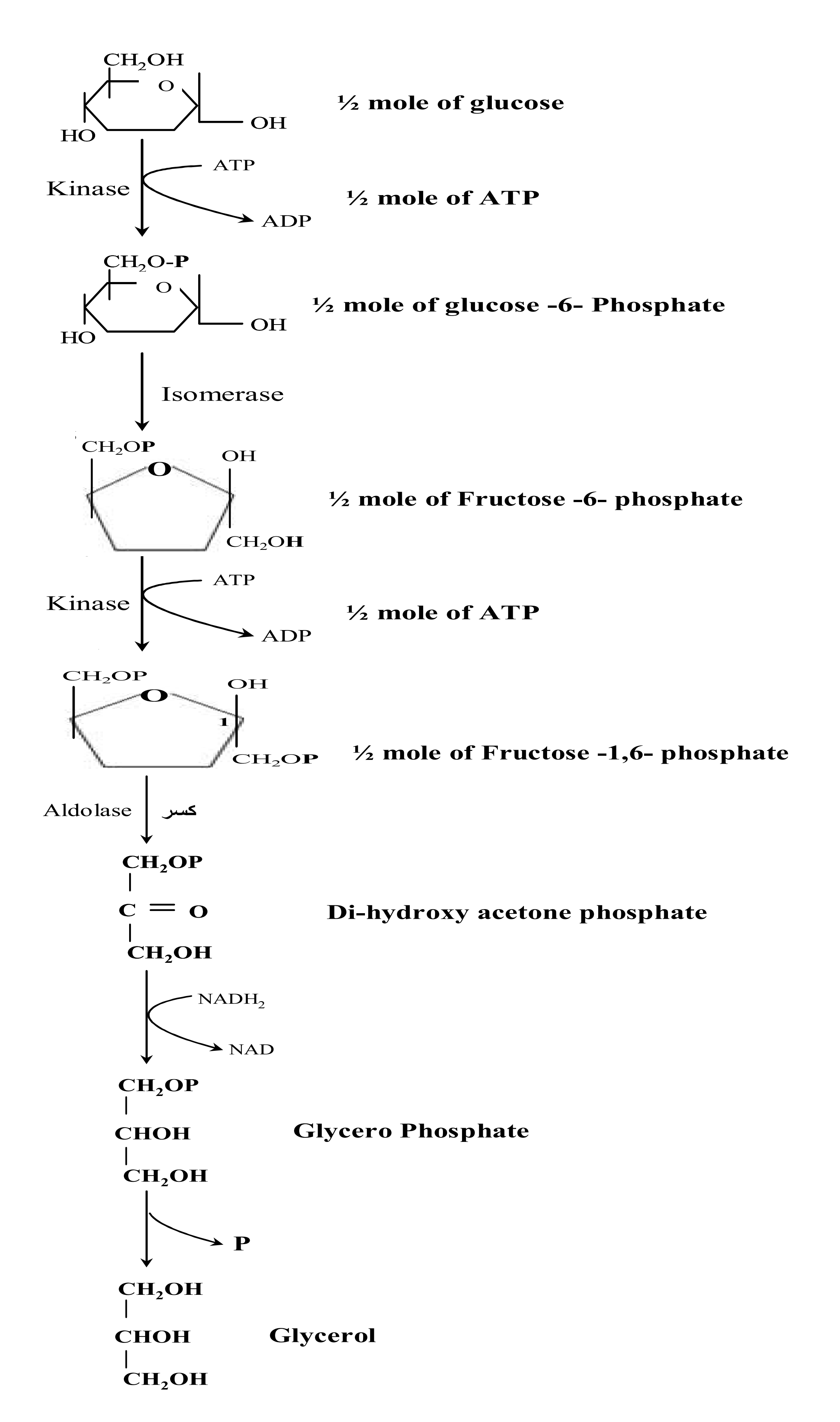
$$\begin{array}{lcl} R_1-COOH & CH_2OH & & CH_2-OOC-R_1 \\ R_2-COOH\ + & CH_2OH & \longrightarrow & CH_2-OOC-R_2 \\ R_3-COOH & CH_2OH & 3H_2O & CH_2-OOC-R_3 \\ \text{Fatty acids} & \text{Glycerol} & & \text{Fat} \end{array}$$

ولتخليق الدهن لابد من تخليق الجلسرول وتخليق الحامض الدهنى وسنوضح فيما يلى تخليق كلا من كحول الجلسرول وكذلك الأحماض الدهنية.

(١) تخليق الجليسرول : Glycerol synthesis

يتم تخليق الجليسرول من الجلوكوز كما فى الخطوات الأتية:

١- حيث يتم فسفرة الجلوكوز بجزىء من مركب الطاقة ATP فيتكون جلوكوز -٦- فوسفات.
٢- بواسطة انزيم Isomerase يتحول جلوكوز -٦- فوسفات الى فركتوز -٦- فوسفات.
٣- يتحول فركتوز -٦- فوسفات الى فركتوز -١و٦- فوسفات مع استهلاك مول من الـ ATP.
٤- يحدث كسر فى مركب فركتوز -١و٦- فوسفات بواسطة انزيم Aldolase فيتكون مركب داى هيدروكسى اسيتون فوسفات Di-hydroxy acetone phosphate.
٥- يتحول مركب داى هيدروكسى اسيتون فوسفات الى جلسروفوسفات Glycerol phosphate فى وجود المعاون الانزيمى NADH2.
٦- يتكون الجلسرول Glycerol من الجلسروفوسفات.


CH_2OH
O
HO
OH
½ mole of glucose
Kinase
ATP
ADP
½ mole of ATP
CH_2O-P
O
HO
OH
½ mole of glucose -6- Phosphate
Isomerase
CH_2OP
O
OH
CH_2OH
½ mole of Fructose -6- phosphate
Kinase
ATP
ADP
½ mole of ATP
CH_2OP
O
OH
1
CH_2OP
½ mole of Fructose -1,6- phosphate
Aldolase
كسر
CH_2OP
C = O
CH_2OH
Di-hydroxy acetone phosphate
$NADH_2$
NAD
CH_2OP
CHOH
CH_2OH
Glycero Phosphate
P
CH_2OH
CHOH
CH_2OH
Glycerol

(٢) تخليق الحامض الدهنى :Fatty acid synthesis

كمـا سـبق يـتم عمليـة تخليـق الأحمـاض الدهنيـة فـى الـسيتوبلازم (Cytoplasmic system) والميتوكونريـا (Mitochondrial system) الا أن التخليق فى السيتوبلازم أوسع انتشارا. أى أنـه يوجد نظـامين لتخليق الأحمـاض الدهنيـة وهمـا نظـام يـتم فـى الـسيتوبلازم ونظـام يـتم فـى الميتوكونـدريا ويـتم مناقشة نظـام تخليـق الأحمـاض الدهنيـة فـى السيتوبلازم لتخليق حامض الباليميتيك (C16:0) Palmitic acid على اساس أن هذا النظام أوسع انتشارا فى أنسجة الجسم:

I- نظام السيتوبلازم لتخليق الحامض الدهني بالميتيك :Cytoplasmic system

١- لتخليق الحامض الدهنى البالميتيك نحتاج في البداية لعدد ٨ جزئيات من حامض الأسيتيك Acetic acid يتم تحويلها الى ٨ جزئيات من مركب Acetyl-CoA . أى يبدأ تخليق الاحماض الدهنية من وحدات Acetyl-CoA المتكونة.

٢- يقوم انزيم Transacylase بنقل مجموعة الاستيل Acetyl من جزىء واحد من الاستيل كو A الى البروتين الحامل للأسيل (Acyl carrier protein1 (ACP1 ليعطى Acetyl-ACP1

٣- تتفاعل وحدة من أستيل كو A فى وجود انزيم Acetyl-CoA carboxylase و جزىء من CO_2 (مصدر CO_2 يكون مشتق مـن أيـون البيكربونـات HCO_3 المحمل علـى البيوتين) ليتكون Malonyl-CoA ويتم فـى هذا التفاعل استهلاك جزئ ATP. بعد ذلك يقوم انزيم Malonyl transacylase بنقل جزئ المالونيـل الـى البـروتين الحامـل للأسيل ACP2 ليتكون Malonyl-ACP2 ويتم تكرارهذا التفاعل ٧ مرات.

٤- يتفاعل جزىء من Malonyl-ACP2 مع جزىء من Acetyl-ACP1 ويخرج جزئ من CO_2 من المالونيل ليتكون جزىء من أسيتو أسيتيل ACP2 (Aceto-acytel-ACP2) .

٥- وفى هذه الخطوة يتم اختزال الاسيتو اسيل ACP2 (Aceto-acytel-ACP2) بواسطة جزئ من $NADPH_2$ ليتكون البيتا هيدروكسى بيوتيريل-ACP2 (Beta – hydroxy butyryl ACP2).

٦- يـتم نـزع جـزئ مـاء بواسـطة انـزيم Inolase مـن بيتـا هيدروكـسى بيوتيريـل-ACP2 ليعطـى كروتونيـل – ACP2 (Crotonyl-ACP) ويتم هذا التفاعل فى وجود انزيم β-3-Hydroxyacyl-ACP2 dehydrase .

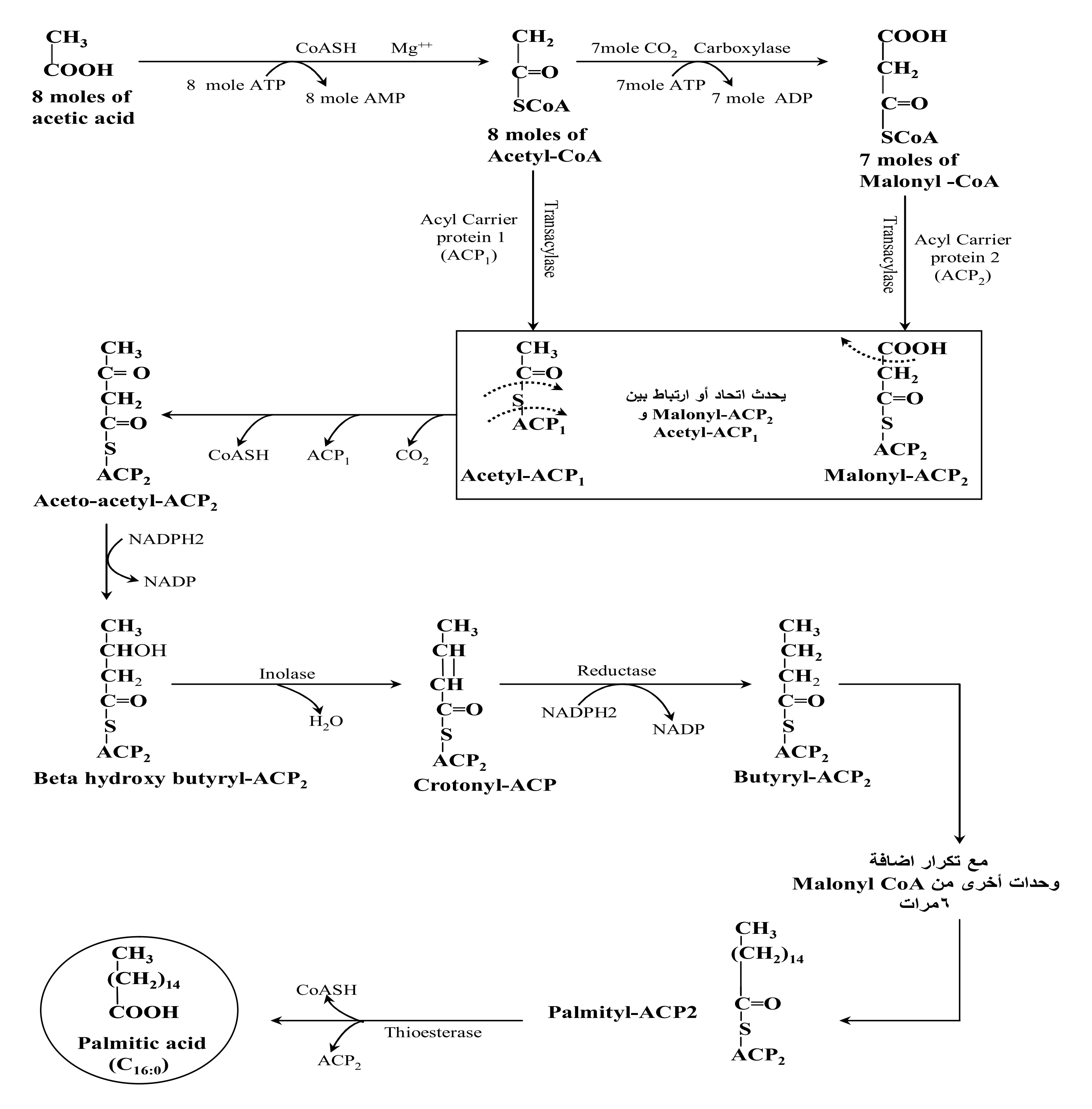
٧- ويعد هذا التفاعل الاخير فى الدورة الاولى لبناء الأحماض الدهنية حيث يتم اختزال كروتونيل – ACP2 بواسطة انزيم Reductase وفى وجود جزئ من $NADPH_2$ ليتكون البيوتريل – ACP2 (Butyryl-ACP2) مكون من اربع ذرات كربون (4C) وبذلك تكون قد انتهت الدورة الأولى فى عملية بناء الحامض الدهنى.

٨- تبدأ بعد ذلك اضـافة وحدات أخرى خـلال عدة دورات حيث فـى كل دورة يتم اضـافة وحدتين من ذرات الكربـون من Malonyl-ACP2 فمثلاً فى حالة تكوين حمض البالميتيك (C16:0) حيث تبدأ من اربـع ذارت كربـون نـاتج الـدورة الأولى Butyryl–ACP2 وتعاد هذه الدورة ٦ مرات (٦ × ٢ = ١٢) وبذلك يكون قد تكون حمض البالمتيك ولكنـه فى صورة بالميتيل – ACP2 (Palmityl-ACP2).

٩- فـى الخطـوة النهائيـة يكـون الحمـض الـدهنى المتكـون مـرتبط مـع ACP2 برابطـة Thioester وعلـى هذا يـتم فصل ACP2عن الحمض الذى تم بناءه بواسطة انزيم Thioesterase .

١٠- المعادلة العامة لتخليق الحمض الدهنى بالمتيك من الاستيل كو A هى :

$$8\ \text{Acetyl-CoA} + 14\ \text{NADPH} + 14\ \text{H}^+ + 7\ \text{ATP} \longrightarrow \text{Palmitic acid} + 14\ \text{NADP} + 7\ \text{ADP} + 7\ \text{Pi} + 8\ \text{CoASH}$$



حساب الطاقة المستهلكة في تخليق الحامض الدهني Palmitic acid بواسطة الـ(cytopalsmic system) علي أساس أنه الطريق الأكثر شيوعاً في أنسجة الجسم

أولا: حساب الطاقة المستهلكة لتخليق جزيء من الجلسرول:

١- الطاقة الكلية الناتجة من مول الجلوكوز= ٢٨٧٠ كيلو جول

٢- استهلاك ½ مول من الجلوكوز = ½ × ٢٨٧٠ = ١٤٣٥ كيلو جول

٣- تكوين ½ مول من جلوكوز -٦- فوسفات = ½ × ٣٣.٥ = ١٦.٧٥ كيلو جول

٤- تكوين ½ مول من جلوكوز -١و٦- فوسفات = ½ × ٣٣.٥ = ١٦.٧٥ كيلو جول

٥- تكوين مركب Glycerol phosphate = ٣ × ٣٣.٥ = ١٠٠.٥٠ كيلو جول

٦- الطاقة الكلية المستهلكة اتخليق جزىء الجلسرول = ١٤٣٥ + ١٦.٧٥ + ١٦.٧٥ + ١٠٠.٥٠ = ١٥٦٩ كيلو جول

ثانيا: حساب الطاقة المستهلكة لتخليق جزيء واحد من الحامض الدهنى البالميتيك:

١- عدد مولات حامض الأسيتيك المستهلكة = ٨ مول
٢- الطاقة الناتجة من مول حامض أسيتيك = ٨٧٥ كيلوجول
٣- الطاقة الكلية المستهلكة من حامض الأسيتيك = ٨ × ٨٧٥ = ٧٠٠٠ كيلوجول
٤- عدد مولات الـ ATP اللازمة لتنشيط حامض الأسيتيك الى Acetyl CoA = ٨ × ٢ = ١٦ مول ATP
٥- الطاقة المستهلكة لتنشيط حامض الأسيتيك الى Acetyl CoA = ١٦ × ٣٣.٥ = ٥٣٦ كيلوجول
٦- عدد مولات الـ ATP اللازمة لتحويل Acetyl CoA الى Malonyl CoA = ٨ مول ATP
٧- الطاقة المستهلكة نتيجة تحول Acetyl CoAالى Malonyl CoA = ٧ × ٣٣.٥ = ٢٣٤.٥ كيلوجول
٨- عدد مرات اضافة Malonyl- Acp2 = ٧ مرات
٩- الطاقة المستهلكة نتيجة اضافة Malonyl- Acp2 = ٧ × ٢ × ٣ × ٣٣.٥ = ١٤٠٧ كيلوجول
١٠- الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جزيء واحد C16:0 = ٧٠٠٠ + ٥٣٦ + ٢٣٤.٥ + ١٤٠٧ = ٩١٧٧.٥ كيلوجول

ثالثا: حساب الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق الدهن (جلسريد ثلاثى) Tri-palmitin:

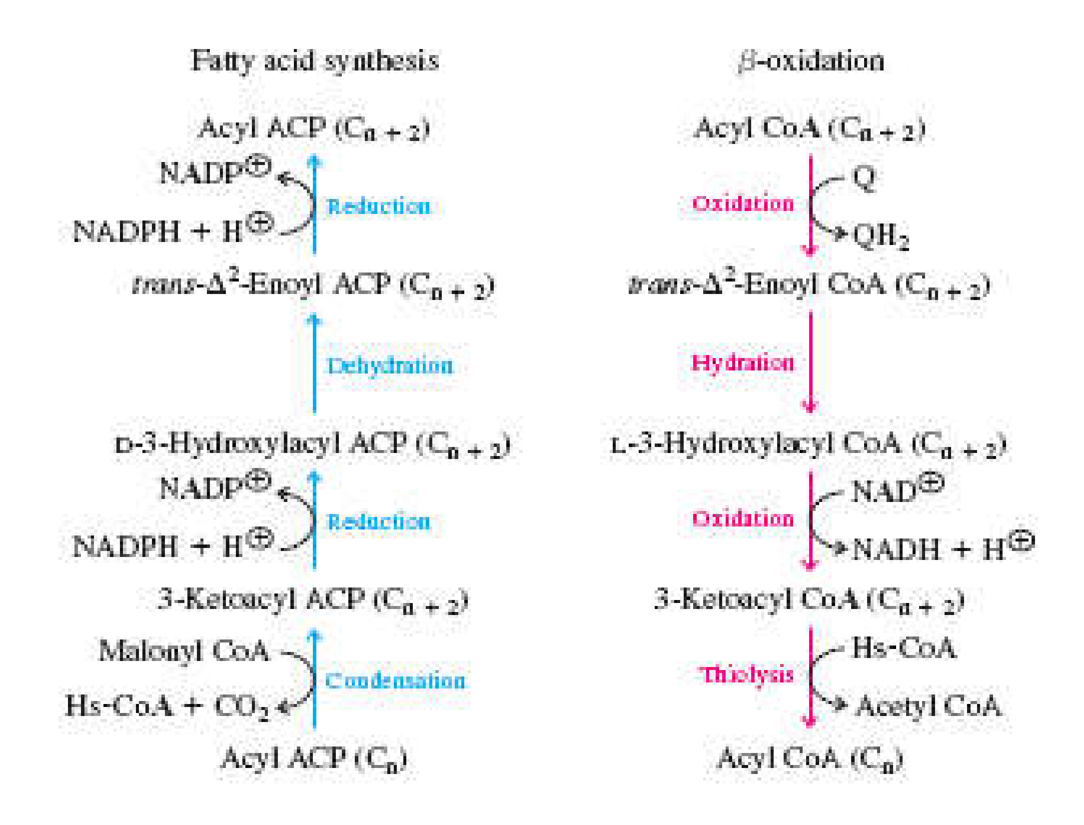
١- الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق ٣ جزيئات C16:0 = ٣ × ٩١٧٧.٥ = ٢٧٥٣٢.٥ كيلو جول.
٢- الطاقة الكلية المستهلكة اتخليق جزيء الجلسرول = ١٥٦٩ كيلو جول
٣- الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جلسريد ثلاثى (Tri-palmitin) = ٢٧٥٣٢.٥ + ١٥٦٩ = ٢٩١٠١.٥ كيلوجول

رابعا: حساب كفاءة استهلاك الطاقة Energy efficiency:

١- عند حرق واحد مول من الجلسريد الثلاثى Tri-palmitin فى بمبة المسعر= ٢٤٧٥٧.٥ كيلوجول
٢- كفاءة استهلاك الطاقة Energy efficiency = ٢٤٧٥٧.٥ × ١٠٠ / ٢٩١٠١.٥ = ٨٥.٠٧%

العلاقة بين تخليق الحمض الدهني وأكسدة الحمض الدهني

بعد دراسة طريقة التخليق الحيوي للحمض الدهني يمكن ملاحظة أن خطوات التخليق الحيوي عبارة عن: اختزال Reduction – نزع ماء Dehydration – اختزال Reduction – تكثيف Condensation ، ولو قمنا بعكس هذه الخطوات يكون الترتيب عبارة عن التالي: أكسدة Oxidation – إضافة ماء Hydration – أكسدة Oxidation – تحليل Thiolysis وهذه الخطوات المعكوسة تمثل خطوات الأكسدة للحمض الدهني مما يعني أن عملية أكسدة الحمض الدهني هي عملية عكسية لتخليق الحمض الدهني والشكل التالي يوضح هذه العلاقة:



(٣) التخليق الحيوي للكولسترول:

عند دراسة التخليق الحيوي للكولسترول وجد أن كل ذرات الكربون الموجودة في الكولسترول مصدرها وحدات من مركب الأسيتيل قرين أ Acetyl Co A. وقد وجد أن مركب الإسكوالين Squalene يعتبر مركب وسطي هام في التخليق الحيوي للكولسترول.

ويمكن بصفة عامة تقسيم خطوات تخليق الكولسترول إلي :

١- المرحلة الأولي تحويل الأسيتيل قرين أ إلي مركب الأيزوبنتيل ثنائي الفوسفات

Conversion of Acetyl CoA to Isopentenyl Diphosphate

وفي هذا المرحلة يحدث تكثيف لوحدات الأسيتيل قرين أ يلي ذلك حدوث اختزال لمركب ٣-هيدروكسي ٣-ميثيل جلوتاريل قرين أ الذي يتحول لمركب ميفالونات الذي يتحول بدوره إلي مركب الإيزوبنتيل ثنائي الفوسفات خلال عمليتي فسفرة تليهما عملية نزع مجموعة كربوكسيل ، وتوضح المعادلات التالية هذه الخطوات:

Acetyl CoA
Acetyl CoA
Acetoacetyl CoA thiolase
Acetyl CoA
Acetoacetyl CoA
$-H_2O$
HMG-CoA synthase
$H^+ + HS\text{-}CoA$
3-Hydroxy-3-methylglutaryl CoA (HMG CoA)
HMG-CoA reductase
$2\ NADPH + 2H^{\oplus}$
$2\ NADP^{\oplus}$
HS-CoA
Mevalonate
ATP ADP
Mevalonate kinase
Mevalonate-5-phosphate
ADP
ATP
Phosphomevalonate kinase
Mevalonate-5-diphosphate
$ADP + P_i$
$HCO_3^{\ominus}$
ATP
Mevalonate-5-diphosphate decarboxylase
Isopentenyl diphosphate

٢ – المرحلة الثانية تحويل الأيزوبنتيل ثنائي الفوسفات إلي اسكوالين :

Conversion of Isopentenyl Diphosphate to Squalene

وتعمل العديد من الإنزيمات خلال هذه الخطوة حيث تعمل انزيمات الإيزوميريز Isomerase والترنسفيريز Transferase وانزيمات التخليق Synthase وخلال عمليات التكثيف يتحول المركب المحتوي علي ٥ ذرات كربون إلي مركب يحتوي علي ٣٠ ذرة كربون وتوضح المعادلات التالية هذه الخطوات:

Isopentenyl diphosphate

Isopentenyl diphosphate isomerase

Dimethylallyl diphosphate

PP_i

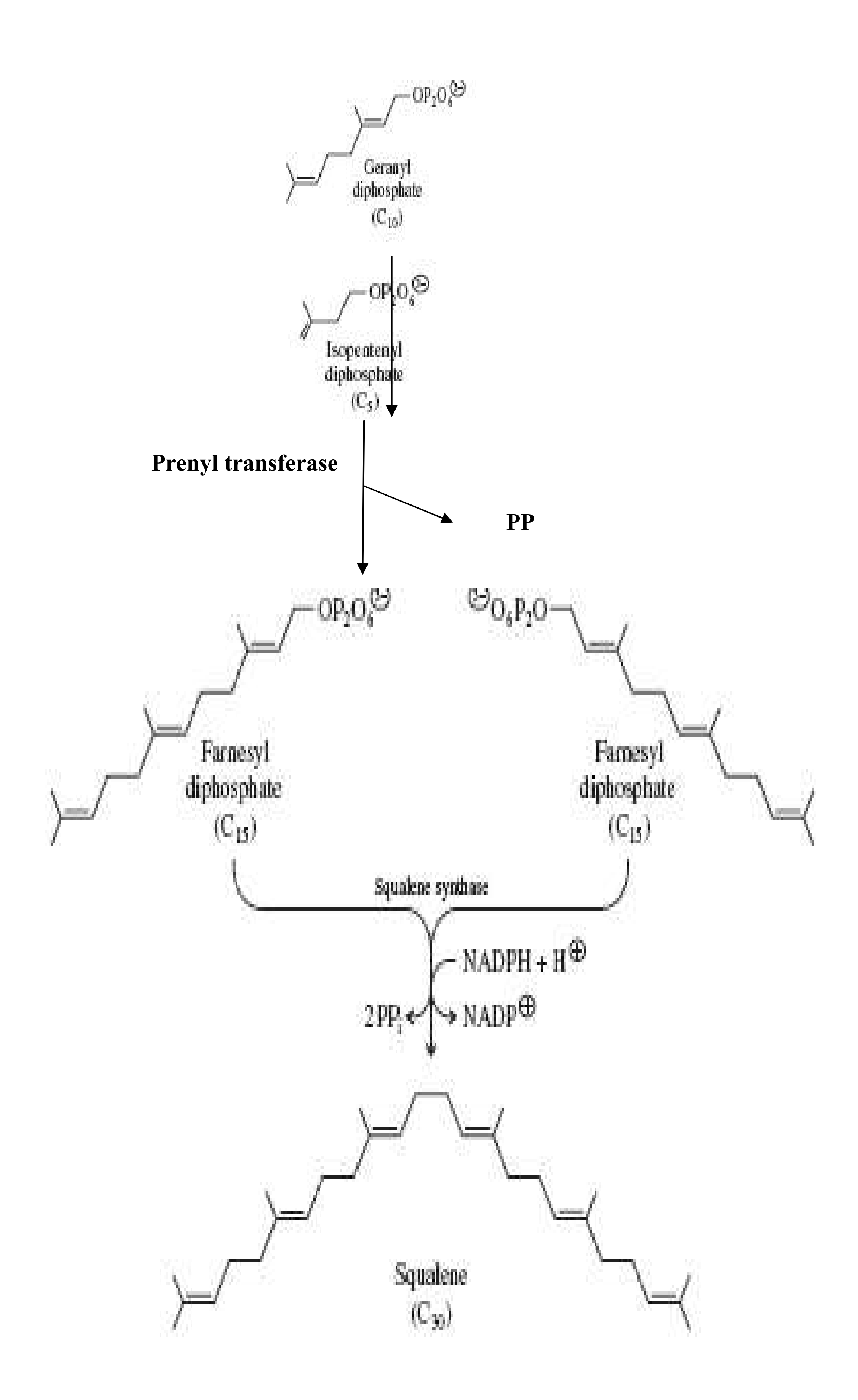
Isopentenyl diphosphate

Prenyl transferase

$H^{\oplus}$

Geranyl diphosphate

Isopentenyl diphosphate (C_5)


Geranyl
diphosphate
(C_{10})
Isopentenyl
diphosphate
(C_5)
Prenyl transferase
PP
Farnesyl
diphosphate
(C_{15})
Farnesyl
diphosphate
(C_{15})
Squalene synthase
NADPH + H⊕
2 PPi
NADP⊕
Squalene
(C_{30})

٣- الخطو الثالثة تحويل الاسكوالين إلي كولسترول:

Conversion of Squalene to Cholesterol

يتحول في البداية الاسكوالين إلي مركب اللانوستيرول ثم يلي ذلك تحول مركب اللانوستيرول إلي الكولسترول كما يظهر ذلك في المعادلات التالية:

Squalene

↓

↓

HO

Lanosterol

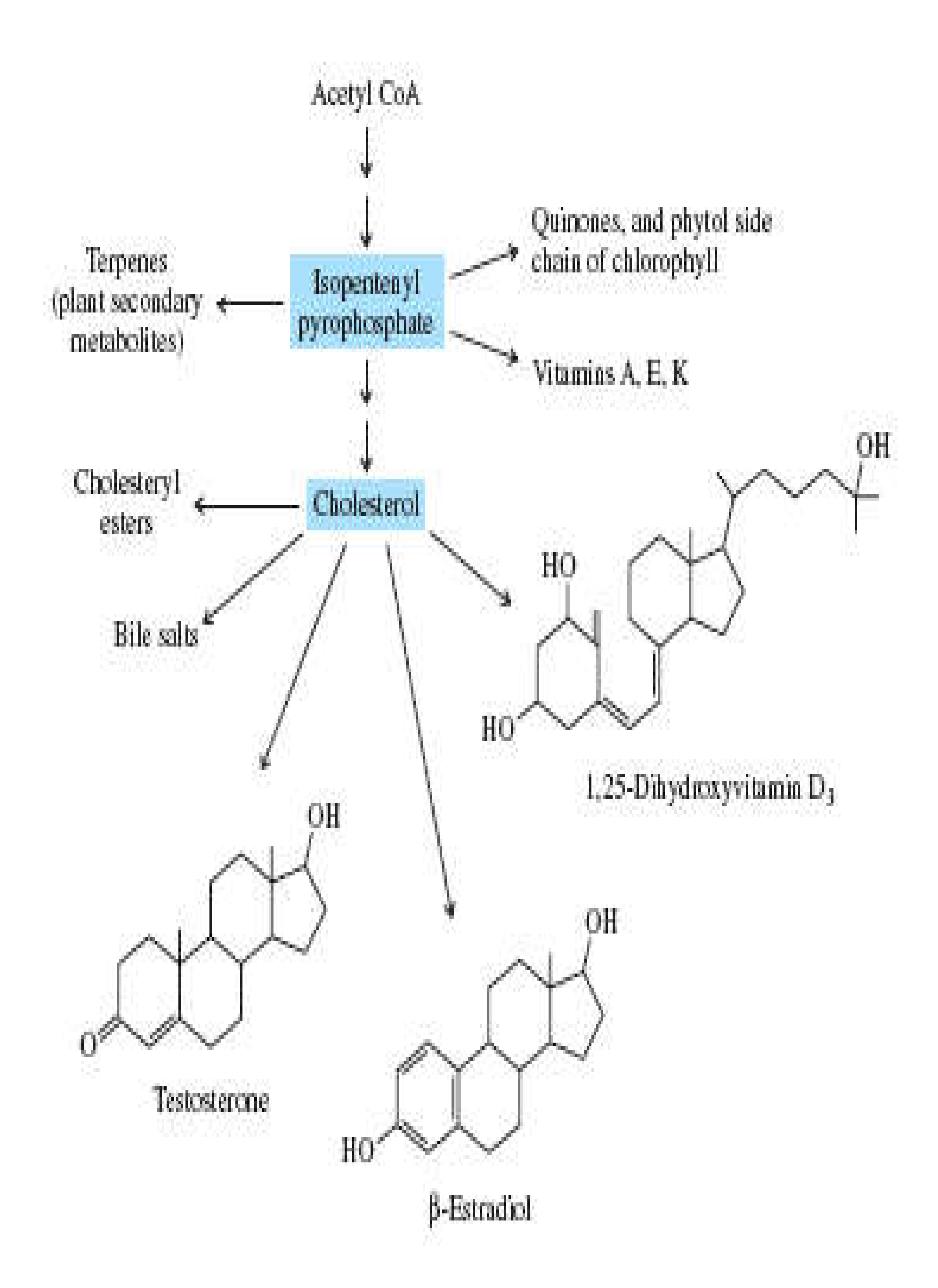
↓

↓

HO

Cholesterol

وهناك العديد من المركبات المرتبطة بالتخليق الحيوي للكولسترول لوجود صلات تركيبية وتشابه بينها وبين الكولسترول او بينها وبين أحد المركبات الوسطية التي تنتج خلال عمليات التخليق الحيوي للكولسترول ، بالإضافة إلي أن الكولسترول نفسه يمكنه ان ينتج عنه بعض المركبات الحيوية الهامة ، والشكل التوضيحي التالي يبين هذه المسارات التخليقية.



(٣) التخليق الحيــوى للبروتتن Protein biosynthesis

يعرف البروتين على انه جزيئات كبيرة معقدة مصنوعة من وحدات صغيرة تسمى الأحماض الأمينية (Amino acids) وترتبط الأحماض الأمينية معاً داخل سلاسل طويلة تسمى "عديدة الببتيد" ويتألف البروتين من سلسلة أو أكثر من السلاسل الببتيدية. ويعتبر البروتين أحد المكونات الرئيسية الثلاثة للأغذية المهمة لجسم الإنسان والحيوان والدواجن، والمكونان الآخران هما الكربوهيدرات والدهون، توجد البروتينات في كل خلية من خلايا الحيوان والنبات وهي أساسية لحياة الحيوان والنبات. فالنبات يبني البروتينات من مواد في التربة والهواء. ويحصل البشر والحيوانات على البروتينات من الأغذية التي يتغذون بها وتشمل الأغذية ذات المحتوى العالي من البروتين اللحم والسمك والبيض والحليب والجبن.

التركيب الكيميائي للبروتينات:

تحتوي جميع البروتينات على الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين وقد تحتوي بعض البروتينات أيضاً على الحديد والفوسفور والكبريت. والبروتينات جزيئات كبيرة مصنوعة من وحدات أصغر تسمى الأحماض الأمينية. يدخل عشرون حمضاً أمينياً في تركيب آلاف من البروتينات المختلفة التي يحتاجها جسم الإنسان والحيوان. ولكي تتكون تلك البروتينات لابد من حصول الجسم على إمداد كاف من جميع هذه الأحماض. وبعض الأحماض الأمينية المسماة الأحماض الأمينية الأساسية لا يستطيع الجسم انتاجها ولابد من توفرها عن طريق الأغذية المتنوعة. أما الأحماض الأمينية المتبقية والمعروفة باسم الأحماض الأمينية غير الأساسية فيستطيع الجسم تصنيعها.

تقسيم الأحماض الأمينية: وتقسم الأحماض الأمينية من حيث أهميتها إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

١- أحماض أمينية ضرورية : Essential amino acids

وهى أحماض أمينية لا يمكن لجسم الحيوان أوالدواجن أن يبنيها داخل جسمه أى لا يستطيع تخليقها ويجب توافرها فى علائق الحيوان والدواجن بالنسب المقررة لتغطيه احتياجاته وعددها ١٠ أحماض أمينية وهى الأرجنين – الهستدين – الليسين – الليوسين – الأيزوليوسين – الميثونين - الفينايل الانين – التربتوفان – الفالين – الثريونين .

٢- أحماض أمينية غير ضرورية : Non-essential amino acids

وهى أحماض أمينية يمكن للجسم تخليقها أى يمكن لجسم الحيوان أوالطائر أن يبنيها داخل جسمه وليس من الضرورى اضافة هذه الأحماض الأمينية الى العلائق. ومنها الالآنين – هيدروكسى برولين - سيرين – حمض الأسبارتك.

٣- أحماض أمينية غير ضرورية ولكن تصبح ضرورية تحت ظروف خاصة :

مثل السستين – برولين – جليسين – تيروزين – حمض الجلوتاميك. فمثلا تحتاج الدواجن إلى الحامض الأمينى سستين عندما يقل محتوى العليقة من الميثونين عن الحدود التى تغطى إحتياجات الطائر ، وعندما يتوفر الميثونين فى العليقة يجعل من غير الضرورى الوفاء بكل الإحتياجات من السستين حيث أن الزيادة من الميثونين تتحول إلى سستين داخل جسم الطائر ، وفى علائق الدواجن توجد ٦ أحماض أمينية يجب أن تعطى لها أهمية خاصة وهى الميثونين – الليسين – أرجنين – تربتوفان – ثريونين – الفالين ، وذلك لأن كميات هذه الأحماض فى العليقة محدودة ، كما أن معظم الأحماض الأمينية الأخرى تكون موجودة بكميات كافية فى العليقة ، أو يستطيع الطائر إنتاجها فى جسمه بتحويل بعض الأحماض الأمينية الأخرى وبالنسبة للأحماض الأمينية الكبريتية (الميثونين – سستين) فإن حوالى ٥٠ % من إحتياجات الطائر يضاف على صورة الحامض الأمينى ميثونين. ومن الأحماض الأمينية غير الضرورية التى تصبح ضرورية تحت ظروف خاصة الجليسين حيث أنه يلزم لتخليص الجسم من بعض المواد السامة مثل حمض البنزويك benzoic acid فى صورة حامض الهيبيوريك Hippuric acid الذى يخرج فى البول ويتم ذلك كما يلى:

Glycine ($H-CH(NH_2)-COOH$) + Benzoic acid (C_6H_5-COOH) ⟶ Hippuric acid ($C_6H_5-C(=O)-NH-CH_2-COOH$)

والتخليق الحيوى للبروتين يعتمد على توفير أو تخليق الأحماض الأمينية أولا ثم بعد ذلك تبدأ عملية التخليق الحيوى للبروتين فى الجسم.

أولا: توفير الأحماض الأمينية:

هناك عدة طرق يتم بها تخليق الأحماض الأمينية وعلى هذا يتم توفير الأحماض الأمينية التى تشارك بل تلزم فى تخليق البروتين ومن هذه الطرق:
١-الألانين والجلوتاميك :تتكون تلك الاحماض بعملية نقل مجموعة الامين الى الاحماض الكيتونية المناظرة فيتكون الألانين من حمض البيروفيك والجلوتاميك من حمض الالفا كيتو جلوتاريك والاحماض الكيتونية سالفة الذكر تنتج من التحولات الكربوهيدراتية خلال دورة حمض الستريك " اثناء التنفس او أكسدة السكر " (كما سبق ذكرة فى عملية الـ Transamination).
٢-السيرين: يتكون من الحامض الأمينى الألانين.
٣-الاسبارتيك من حمض الاكسالوأسيتيك.
٤-التيروزين: يتكون من انتقال مجموعة الامين من حمض الجلوتاميك الى الحمض الكيتونى فينايل بيروفيك فيتكون حمض الفينايل الألانين الذى يتحد مع مجموعة ايدوكسيل لينتج حمض التيروزين.
٥-السستين والسستئين: تتكون من اتحاد كبريتيد الايدروجين مع البيروفات ليتكون السستين ثم السستئين.
٦-التربتوفان: يتكون عن طريق تكثيف الاندول مع الحمض الامينى السيرين او تكوين الاندول من حمض الانثرانيليك (الحامض الأمينى تربتوفان لا يعطى طاقة).
٧-الأرجنين: يتكون اثناء التخلص من الأمونيا عند تكوين اليوريا Urea formation.

ثانيا: كيفية التخليق الحيوى للبروتين:

يلزم التخليق الحيوى للبروتين فى الخلية تواجد الأحماض الأمينية التى ستكون هذا البروتين والحامضين النوويين DNA و RNA اضافة الى جسيمات الريبوسومات Ribosome وعدد من الانزيمات والبروتينات المساعدة (ومن أهمها Aminoacyl t-RNA synthetase). وعادة ما تمر عملية التخليق الحيوى للبروتين والتى تحدث فى سيتوبلازم الخلية على جسيمات الريبوسومات. وسوف يتم الأن التعرف باختصار على ما هو DNA ، RNA و Ribosome:

DNA : يتم تخليقه فى النواة بنسبة تصل الى ٩٨.٥% وبنسبة أقل فى السيتوبلازم ١.٥%. عبارة عن سلسلتين من النيكليوتيدات Nucleotides ترتبط مع بعضها بروابط تسمى H-bonds . وكل سلسلة عبارة عن قواعد أزوتية من النوع أدنين Adenine ، جوانين Guanine ، ثايمينThymine و سيتوزين Cytosine ترتبط هذه القواعد مع بعضها بروابط فوسفاتية. هذان السلسلتان تأخذ الشكل الحلزونى Double helix . يتواجد على سطح الـ DNA مناطق تسمى Cestronهذه المناطق هى التى يخلق عليها البروتين وتوجد مناطق أخرى تسمى Operon وهى التى توقف التخليق عند اللزوم.

RNA : يوجد منه أربعة أنواع:

١- Messenger RNA (m-RNA):

يتم تخليقه فى نواة الخلية. وهو عبارة عن صورة طبق الصل من أحد سلسلتى الـ DNA مع الاختلاف فى أنه يحتوى على القاعدة الأزوتية Uracil بدلا من القاعدة Thymine. توجد عليه القواعد الأزوتية مرتبه فى شكل ثلاثى تسمى Codon.

٢- Transfer RNA (t-RNA) :

يتواجد t-RNA فى النواه ووظيفته بأن يقوم بنقل الحامض الأمينى من مكانه الى مكان التخليق. يوجد على سطح القواعد الأزوتية فى شكل ثلاثى ولكن تسمى Anti-codon. و للـ t-RNA صفة التخصصية لعديد من الأسباب منها:
أ) لكل حامض أمينى t-RNA خاص به كما ان هناك بعض الأحماض الأمينية تحتاج لأكثر من t-RNA واحد لكى يتم نقلها.
ب) يجب أن يكون قادرا على تمييز انزيم Aminoacyl t-RNA synthetase المتخصص له والذى يضيف له الحامض الأمينى المطلوب.
ج) كما يجب ان يحتوى t-RNA على مكان متخصص يعمل كموقع ربط للحامض الأمينى. يجب على t-RNA أن يكون قادرا على التعرف على الريبوسومات.
د) هذا بالاضافة على احتوائه على الـ Anticodon وهى عبارة عن التعاقب المكمل والمتخصص للقواعد التى سوف ترتبط بالـ m-RNA المكمل لها.

٣- d-RNA:

يتم تخليقه فى النواة ووظيفته هو وقف التخليق الحيوى عند اللزوم مثلا عند حدوث الطفرات بأن يغطى مناطق الـ Cestron عند اللزوم وعندما يزول هذا العارض تذهب اشارات الى المخ لتزيل هذا الغطاء ليبدأ من جديد التخليق الحيوى للبروتين.

٤- Ribosome RNA (r-RNA) :

الريبوسوم عبارة عن الوسط الذى يتم بداخلة التخليق الحيوى للبروتين ويتكون من جزئين هما 30 S، 50 S يختلفان فيما بينهما فى الوزن الجزئي Molecular weight. ومن وظائف الريبوسوم:

- يرتبط مع الحامض النووى m-RNA عن طريق r-RNA ليحددا سويا طريقة ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية فى السلسلة الببتيدية المطلوب تخليقها.
- يساعدعلى تشكيل الروابط الببتيدية بين الأحماض الأمينية القادمة اليه من السيتوبلازم على صورة منشطة مع جزئيات t-RNA .
- يعمل على المساعدة فى ارتباط الكودونات Codons فى جزئيات m-RNA مع ما يقابلها من Anti-codons فى t-RNA للحامض الأمينى وهذا مايجعل التخليق الأولى لبروتين ما يتم بشكل وبطريقة سليمة.
- يتحرك على طول جزىء الحامض النووى المرتبط معه معتمدا فى ذلك على الية خاصة تستهلك فيها طاقة وهذا يتيح فرصة مروره على كل الـ codons فى جزئيات m-RNA .

خطوات التخليق الحيوى للبروتين:

١- عملية تنشيط الأحماض الأمينية التى ستدخل فى تكوين البروتين Activation of amino acids

٢- عملية الطبع Transcription

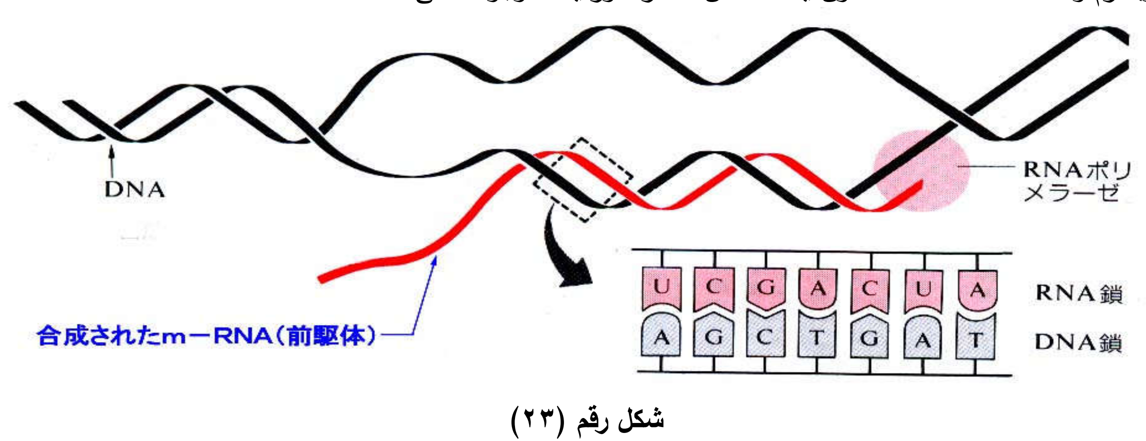
٣- عملية النقل Translation

أولا: عملية تنشيط الأحماض الأمينية : Activation of amino acids:

يجب تنشيط أى حامض أمينى يدخل فى تركيب البروتين وذلك لكى يكون قابلا للدخول فى التفاعلات الانزيمية المتعلقة بعملية التخليق وينشط الحامض الأمينى فى السيتوبلازم مركب ATP فى وجود انزيم يعمل على ربط الحامض الأمينى مع t-RNA متخصص لنقل هذا الحامض الأمينى المنشط الى مكان تخليق البروتين. والانزيم الذى يقوم فى كلا العمليتين السابقتين (تنشيط الحامض الأمينى وربطه مع t-RNA الخاص به) يطلق عليه انزيم Aminoacyl t-RNA synthetase

ثانيا: عملية الطبع أو النسخ Transcription :

الهدف الأساسى من هذه المرحلة هو تكوين الـ m-RNA داخل النواة ثم خروجه الى السيتوبلازم. حيث يتم تكوين m-RNA عن طريق تفكيك شريطى جزىء DNA وذلك بتكسير الروابط الهيدروجينية التى تربط بين القواعد النيتروجينية (Adinine, Thyamine, Guanine, Cytosine) فى جزئى الشريط وتستمر هذه العملية حتى يتكون شريطان منفصلان عن بعضهما من جزىء الـ DNA الأصلى ، ثم يقوم أحد الشريطين بتكوين شريط واحد هو جزىء الـ m-RNA وذلك بقيام كل قاعدة نيتروجينية فى كل شريط بجذب نيوكليوتيدات حرة موجودة فى سائل النواة مشابهة للتى كانت متصلة معها فى الجزىء الأصلى ثم ينفصل الـ m-RNA ويبتعد عن شريط DNA وبالتالى يتكون m-RNA ويخرج الى السيتوبلازم وهذا الـ m-RNA المتكون يحمل نفس الشفرة الوراثية الموجودة على DNA.

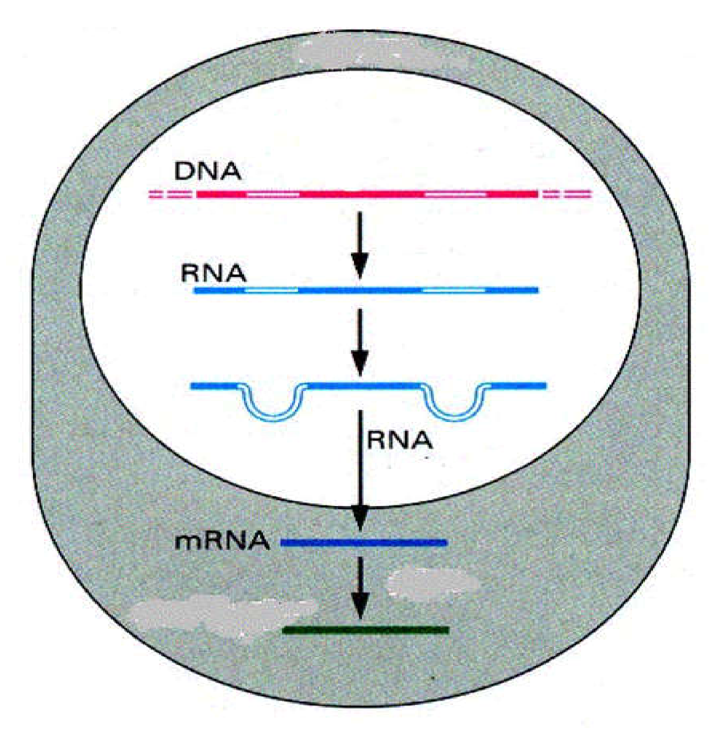


شكل رقم (٢٣)

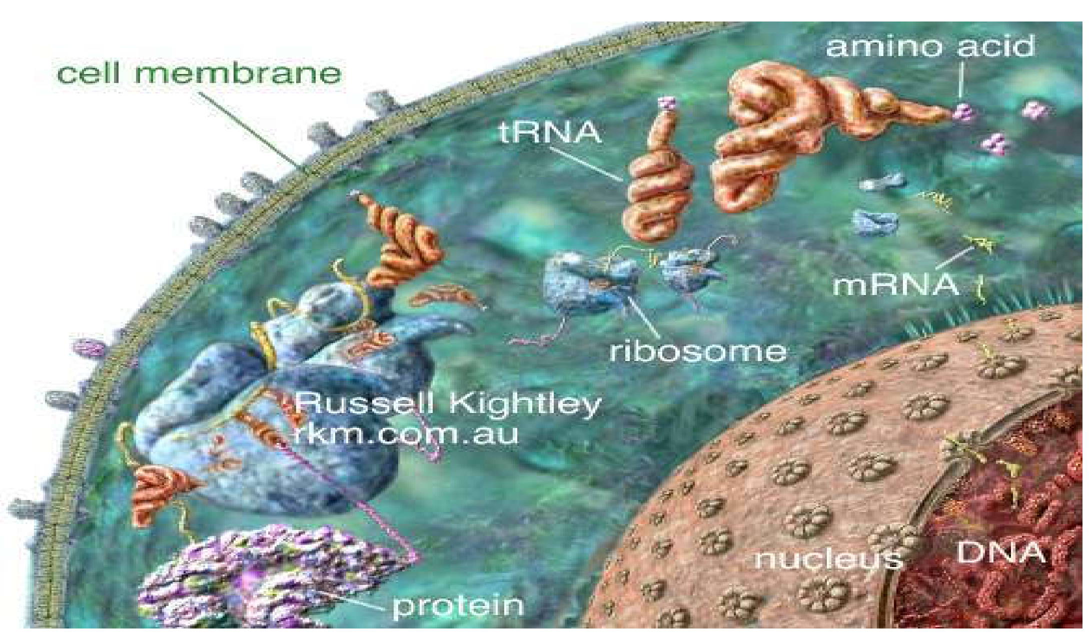
ثالثا: عملية النقل Translation : وهذه العملية تتم على ثلاث مراحل أساسية:

١- مرحلة البدء Initiation :

يحمل الـ m-RNA الشفرة الوراثية الى خارج نواة الخلية حيث يتم تخليق البروتينات فى السيتوبلازم وليس فى النواة حيث يخرج الـ m-RNA بعد انفصاله عبر الثقوب الموجودة على الغشاء النووى الى السيتوبلازم ليستقر على سطح أحد الريبوسومات الموجودة على الشبكة الاندوبلازمية الخشنة والتى هى أماكن صنع البروتين فى الخلية. يتم تجميع الأحماض الأمينية المنشطة بواسطة الـ t-RNA حيث يتم تنشيط الـ t-RNA لكى يمكنه الانتقال والارتباط مع الحامض الأمينى المنشط ثم التعرف على مكانه فى الـ m-RNA ثم يتم تنشيط المركب الوسطى المتكون للدخول فى الوسط الذى يتم بداخله التخليق الحيوى للبروتين وهو الريبوسوم (r-RNA) ويتكون المركب Polysome.



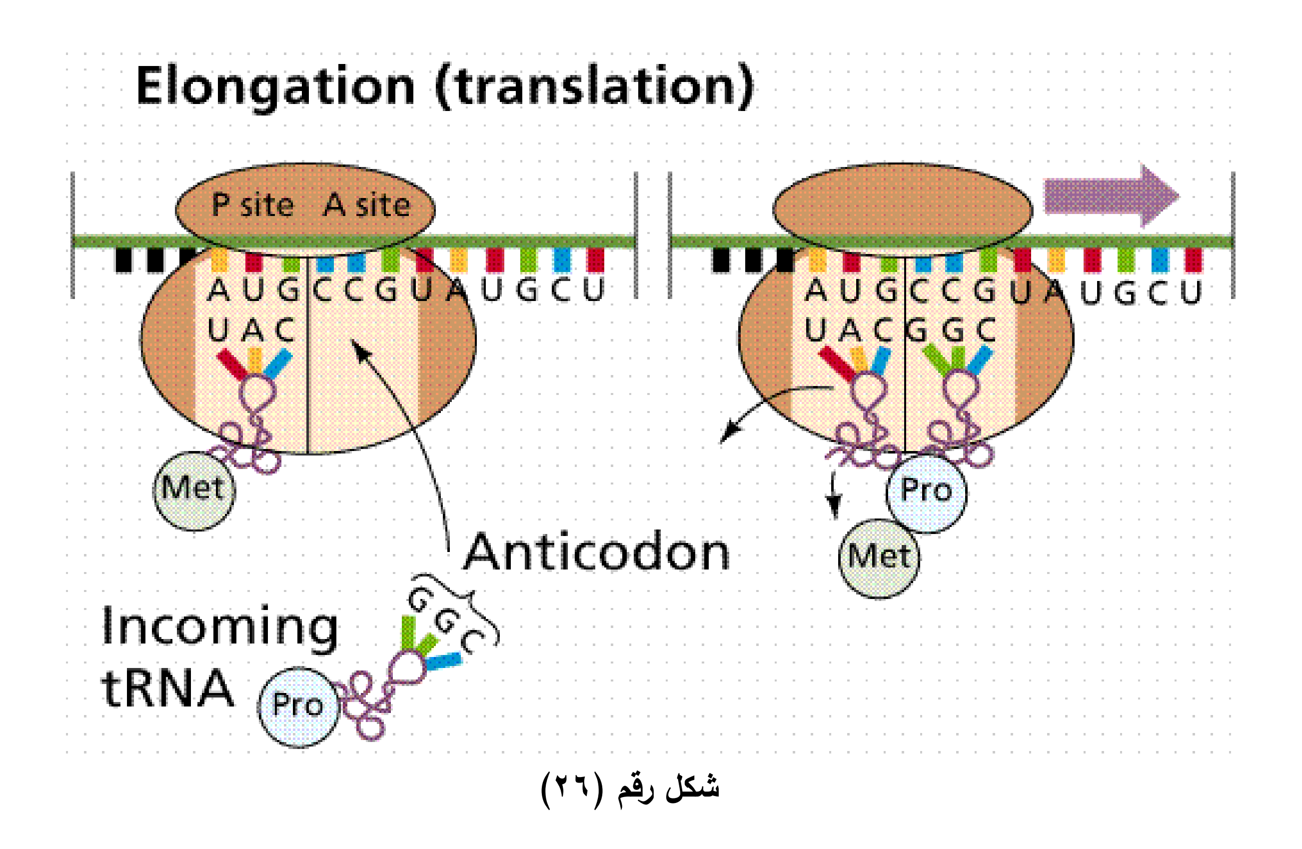
شكل رقم (٢٤)



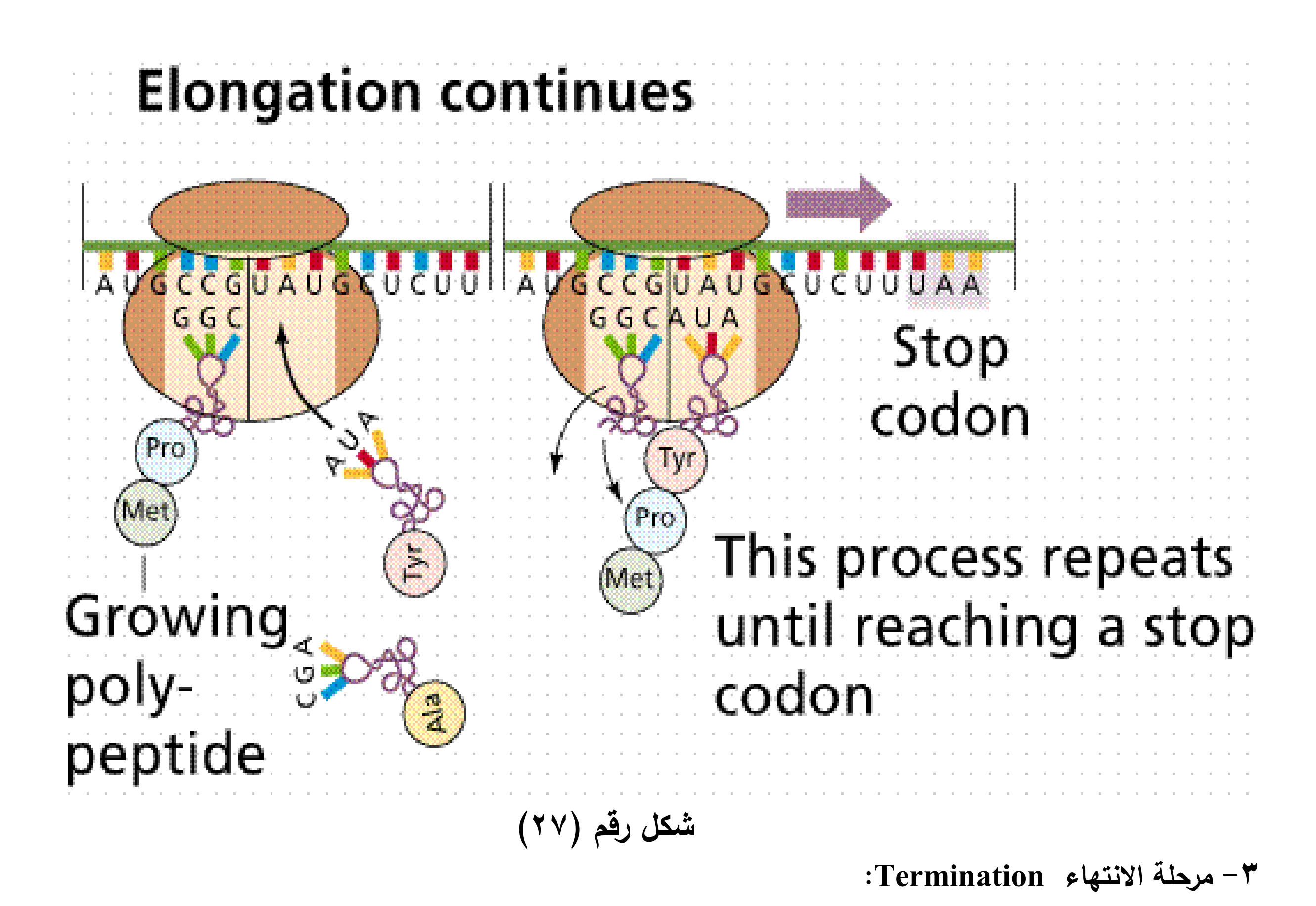
شكل رقم (٢٥)

٢- مرحلة الاستطالة Elongation :

وفى هذه المرحلة يحدث انتقال لل t-RNA المرتبط مع الحامض الأمينى جديدة لارتباط بالأول وهكذا حتى تتكون السلاسل الببتيدية ويتم ذلك فى وجود مركبات الـ GTP .



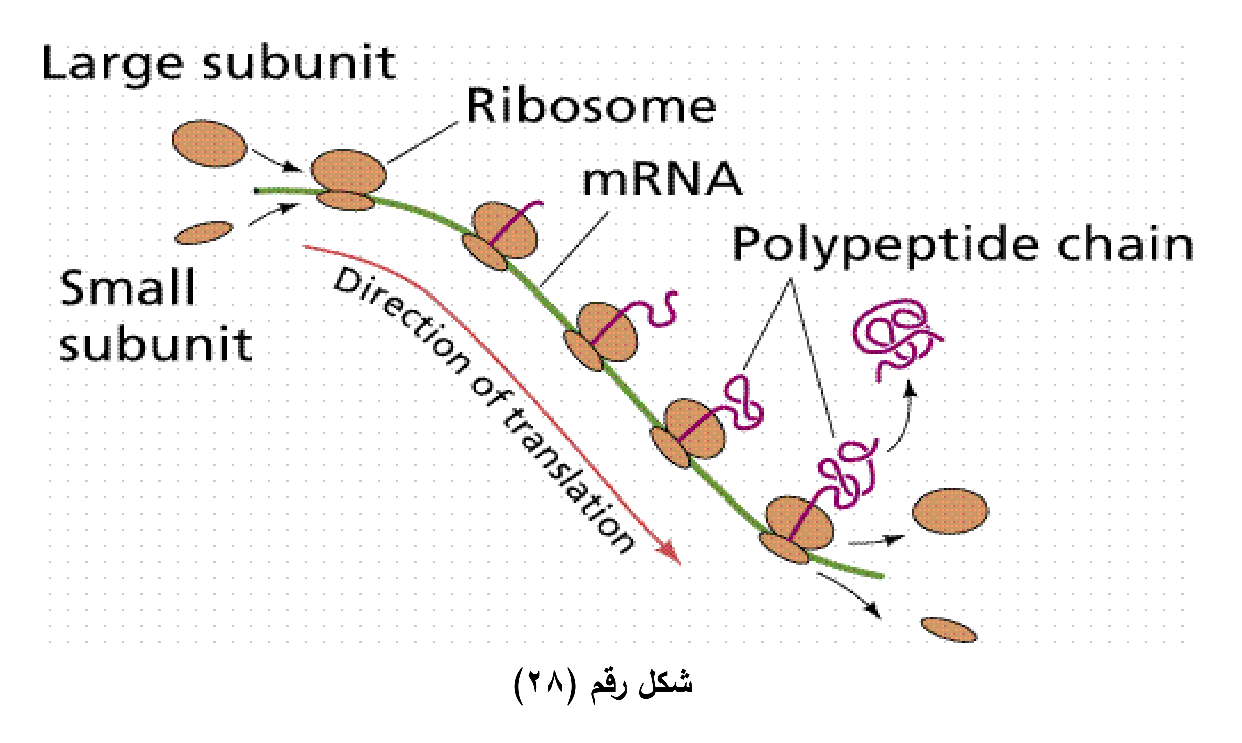
شكل رقم (٢٦)



شكل رقم (٢٧)

٣- مرحلة الانتهاء Termination:

ويستمر نمو السلسلة الببتيدية حتى يصل الريبوسوم الى أحد كودونات الانتهاء وهى اما UAA, UGA, UAG بعد ذلك تقوم الانزيمات المحللة للبروتين بتكسير الرابطة الببتيدية بين جزىء البروتين المخلق وبين الـ t-RAN ليخرج البروتين المخلق فى النهاية وفى نفس الوقت يتحرر t-RNA وينفصل الريبوسوم استعدادا لتصنيع سلسلة ببتيدة جديدة وتلزم لهذه التفاعلات طاقة مصدرها GTP .



شكل رقم (٢٨)

الطاقة المستهلكلة لحساب تخليق أو تكوين جزىء البروتين غير معروفة لأسباب عديدة منها:

١- اختلاف عدد مركبات الطاقة المستهلكة GTP , ATP حيث أن هناك بعض الأحماض الأمينية يتطلب نقلها وجود أكثر من tRNA.

٢- جزىء البروتين يتكون من عدد من الأحماض الأمينية هذا العدد من الأحماض الأمينية غير معلوم بالضبط فمثلا هرمون الأنسولين عبارة عن جزىء بروتينى يتكون من ٨١ حامض أمينى ولكن وجد عند فصله من البنكرياس أنه يتكون من ٥٣ حامض أمينى ويحتمل أن السبب فى ذلك يرجع الى الانزيمات المحللة للبروتين والتى من الممكن أن تقوم بالتكسير لهذا الجزىء البروتينى فى أكثر من مكان.

٣- لكى تعمل الانزيمات المحللة للبروتين تحتاج الى طاقة هذه الطاقة غير معروف كميتها أو مقدارها لأن هذه الانزيمات يمكنها تكسير جزىء البروتين فى أكثر من مكان وبالتالي تختلف مركبات الطاقة.

٤- عملية انتقال الـ tRNA المرتبط بالحامض الأمينى وأيضا تنشيط الـ tRNA الجديد تتم مع استهلاك طاقة غير معروف كميتها.

٥- عملية الاستطالة لكى تتم تحتاج الى عوامل مساعدة هذه العوامل تحتاج الى طاقة غير معروف مقدارها.

مثال: ١٠٠ من الأحماض الأمينية ترتبط مع بعضها لتكوين جزىء من البروتين بغض النظر عن عدد هذه الأحماض الأمينية:

٢ مول ATP لعملية البدء Initiation (٢ x ٣٣.٥ = ٦٧ كيلو جول).

١ مول ATP لتكوين الـ Polysome (١ x ٣٣.٥ = ٣٣.٥ كيلو جول).

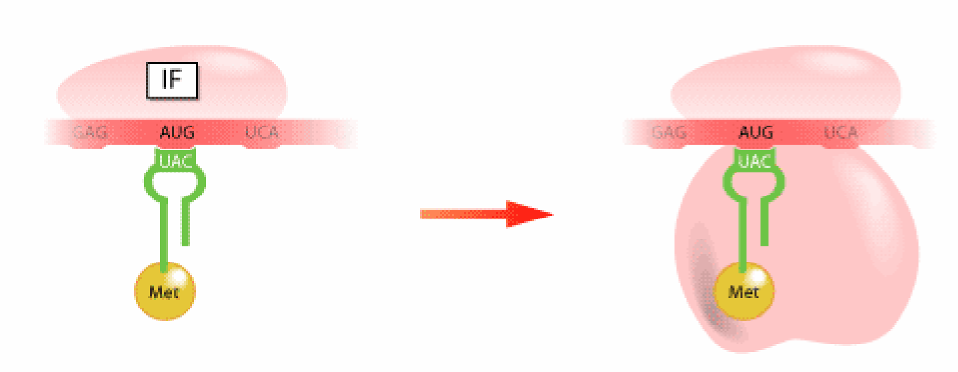
(١٠٠ x ٥.٨٢ x ٤.١٨٥ = ٢٤٣٧ كيلو جول).

الطاقة الكلية المستهلكة لتخليق جزىء البروتين = ٦٧ + ٣٣.٥ + ٢٤٣٧ = ٢٥٣٧.٥ كيلو جول.

الطاقة الناتجة عند حرق ١٠٠ جرام من الأحماض الأمينية فى جهاز المسعر الحرارى = ٢٤٣٧ كيلو جول.

كفاءة استهلاك الطاقة = ٢٤٣٧ x ١٠٠ / ٢٥٣٧.٥ = ٩٦%.

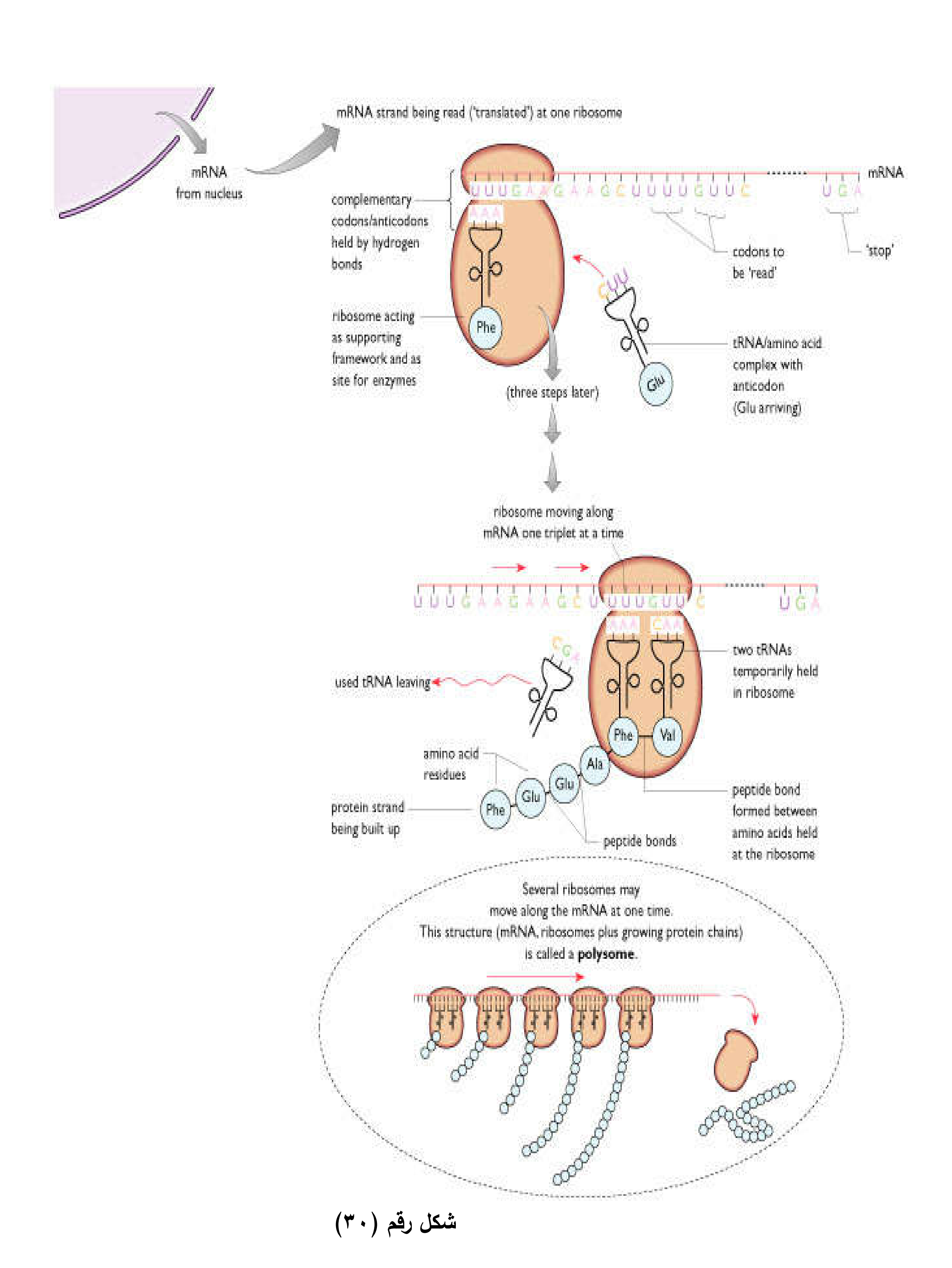
a) Initiation



b) Elongation

GAG AUG UCA GAG GUG
UAC
AGU
Met
Ser
P site
A site
New entry
Peptide synthesis
Translocation
CUC
Glu

شكل رقم (٢٩)



mRNA from nucleus
mRNA strand being read ('translated') at one ribosome
mRNA
complementary codons/anticodons held by hydrogen bonds
codons to be 'read'
'stop'
ribosome acting as supporting framework and as site for enzymes
Phe
tRNA/amino acid complex with anticodon (Glu arriving)
Glu
(three steps later)
ribosome moving along mRNA one triplet at a time
two tRNAs temporarily held in ribosome
used tRNA leaving
amino acid residues
protein strand being built up
Phe
Glu
Glu
Ala
Phe
Val
peptide bonds
peptide bond formed between amino acids held at the ribosome
Several ribosomes may move along the mRNA at one time.
This structure (mRNA, ribosomes plus growing protein chains) is called a **polysome**.

شكل رقم (٣٠)

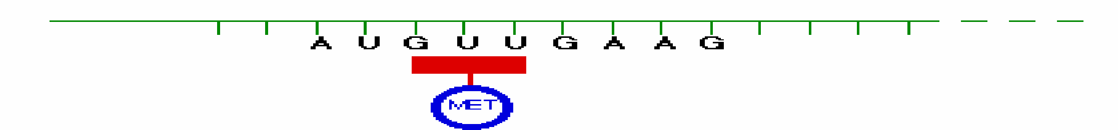
Translation of mRNA into Protein

mRNA

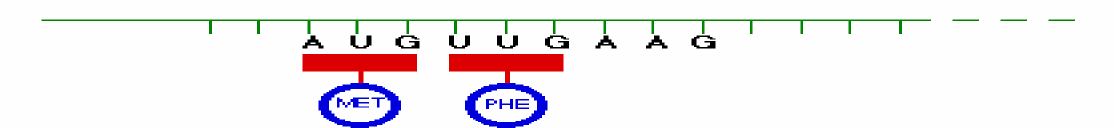
A U G U U G A A G

5' end 3' end

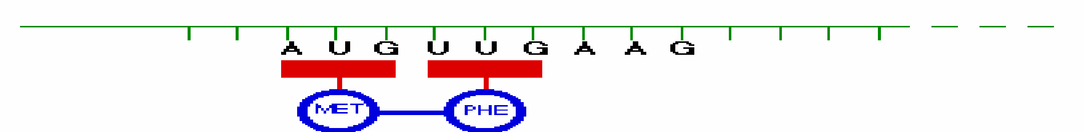
Initiation: The ribosome attaches to the RNA and recognises the first AUG triplet codon near the 5' end of the mRNA. A transfer RNA (tRNA), shown in red below, coupled to the amino acid methionine (MET) binds to the AUG codon in the RNA.



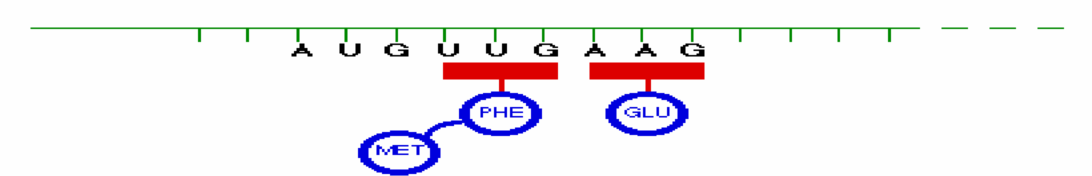
Elongation: The correct sequence of amino acids in a protein is assembled according to the sequence of bases in the RNA. The nexy codon (sequence of 3 bases) in the RNA is UUG and this encodes phenylalanine (PHE). Another tRNA, this one coupled to PHE, recognises and bind to the UUG sequence in the RNA.



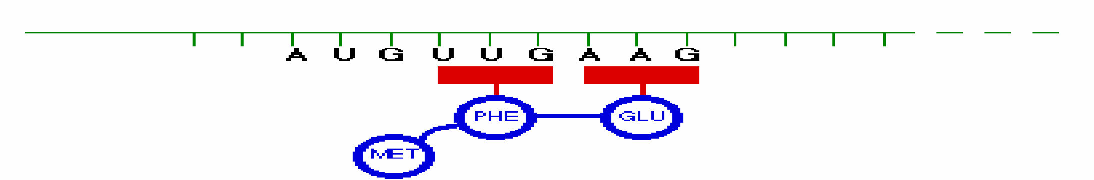
A peptide bond joins MET to PHE:



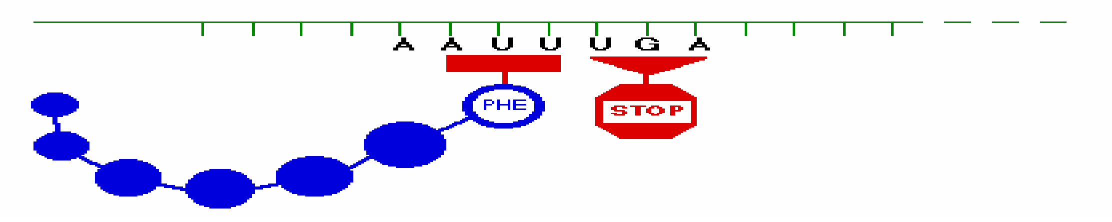
A transfer RNA coupled to glutamate (GLU) binds to the next triplet codon, AAG, in the mRNA:



A peptide bond joins GLU to PHE extending the peptide chain:

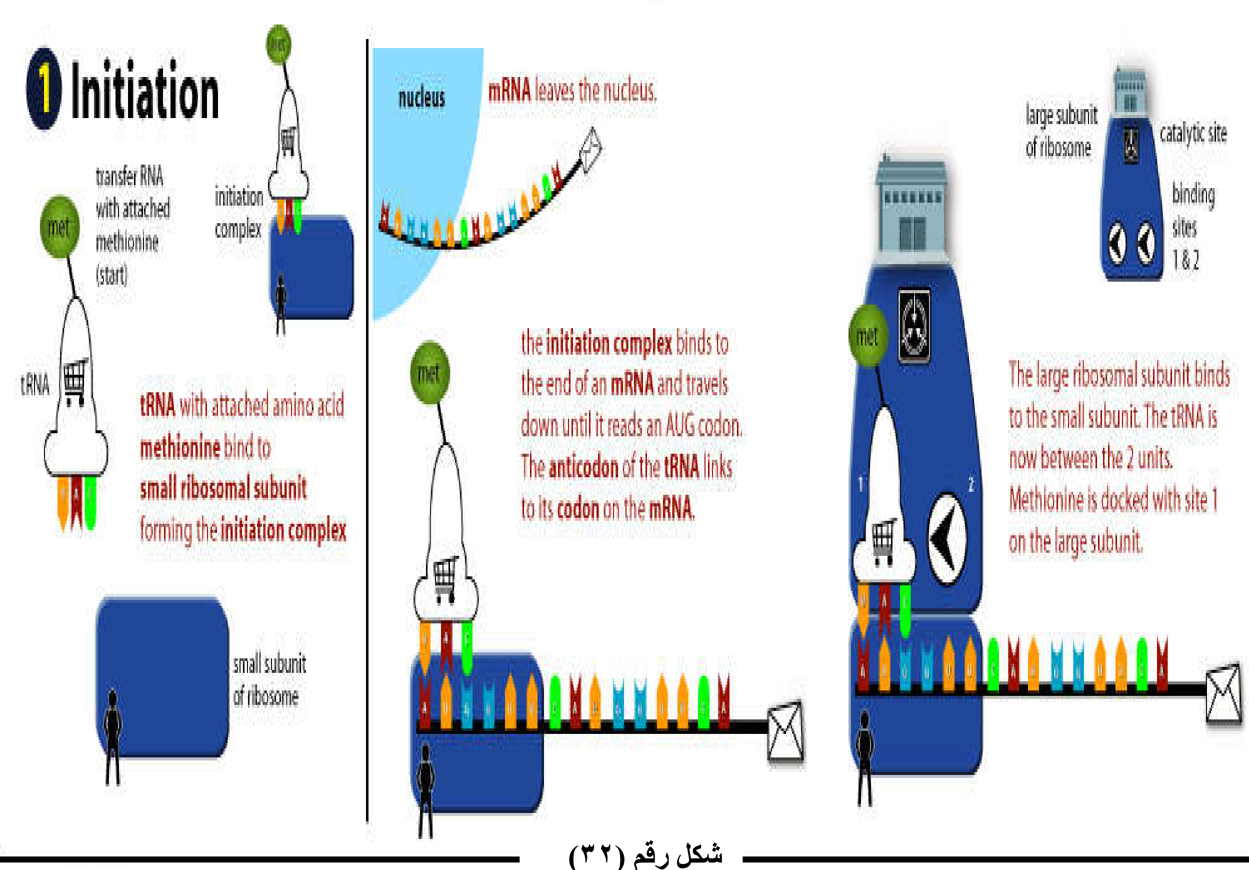


Termination: The ribosome completes the elongation of the chain of amino acids and releases the completed protein. The codon AAU encodes asparagine (ASN). The next codon, UGA, is a stop codon. The ribosome stops adding amino acids to the chain, the protein is released from the ribosome, and the ribosome falls off the mRNA and is recycled.

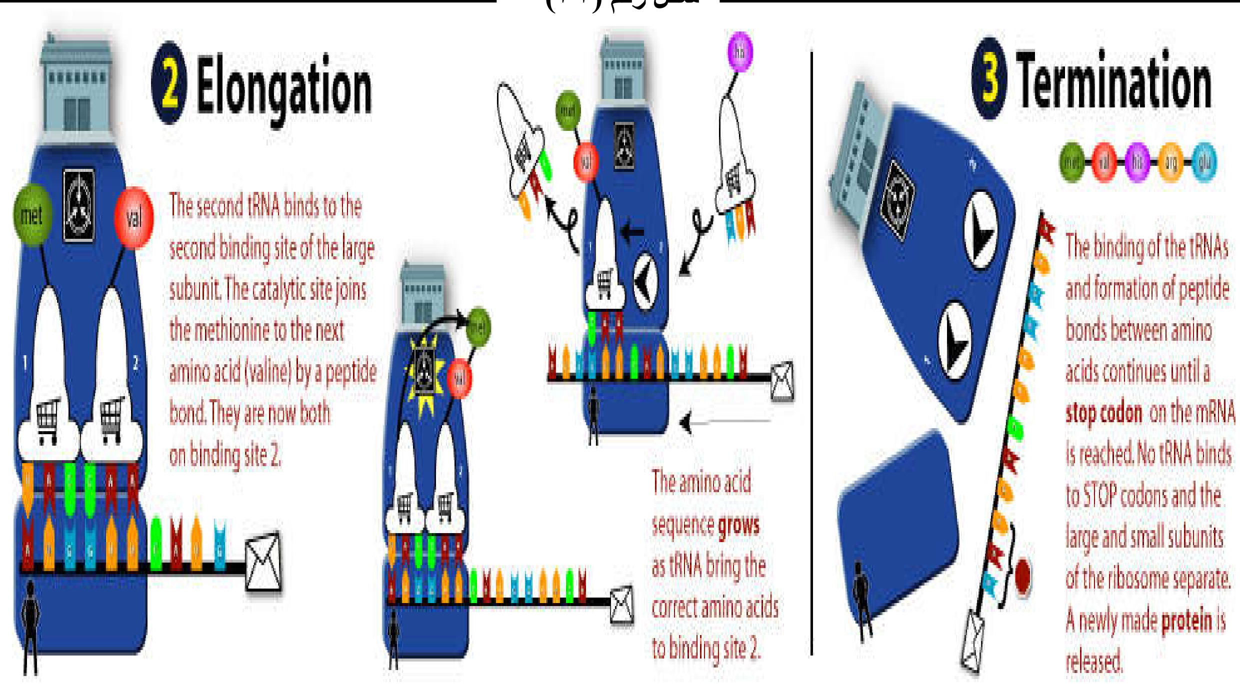


شكل رقم (٣١)

Translation - Protein Synthesis



شكل رقم (٣٢)



شكل رقم (٣٣)

رابعاً: المواد الحاملة للطاقة - " التمثيل الغذائى للطاقة "
تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية
Energy metabolism in relation to nutrition

دراسة عمليات نقل الطاقة فى جسم الحيوانات وميكانيكية تنظيمها يطلق عليها عادة الاصطلاح العلمى Bioenergetics وهذا الاصطلاح يدرس بعدد من الطرق وتشمل :

١- **Biochemists** : حيث يعمل مع التحضيرات الخلوية ويختص بنقل الطاقة الحرة الناتجة من الخطوات الكيماوية المميزة حيث يتم هدم وبناء الجزيئات فى المادة الحية .

٢- **Physiologists** : ويختص بالناحية الهرمونية والعصبية للـ Bioenergetics مثل الميكانيكية المعقدة لتنظيم درجة حرارة الجسم ووزن الجسم البالغ وتركيز السكر أو اى مادة قابلة للتمثيل فى الانسجة .

٣- **Nutritionists** : يختص بمجال اوسع وفى نفس الوقت اكثر تحديداً حيث يهتم بتوقعات احتياجات الطاقة للحيوان وتأكيد قدرة مختلف الاغذية لمقابلة هذه الاحتياجات .

هذه الطرق المختلفة ودراستها لا توضح اهميتها فقط فى مجال الطاقة حيوياً بل تبين اقسامها وفروعها المختلفة ظاهرياً بسبب انها تتم من خلال نظم مختلفة منفصله ومن الممكن التعمق فى ذلك .

توحدت الافكار بالنسبة للكيمياء الحيوية فى العشرين سنة الأخيرة حيث وجد ان نهاية خطوات التفاعلات التمثيلية للمركبات الغذائية المختلفة ثابت فى الطبيعة والجزء الاكبر من الطاقة المنطلقة فى الخلايا يظهر عندما يتفاعل Co enzyme القرين المختزل مع جزئى الأوكسوجين فى انزيمات التنفس ، وهذه توضح ان التغيرات فى انتاج الطاقة فى الحيوانات تتبع هضم الغذاء ، كذلك بالنسبة للدراسات الفسيولوجية فى Hypothalamic area فى المخ تحتاج لشرح مختلف حالات تمثيل الطاقة مثل تنظيم طاقة الغذاء Caloric intake والتحكم فى درجة حرارة الجسم .

توجد مشاكل علمية كثيرة بالنسبة لدراسة تمثيل الطاقة ومن الممكن حلها ، وهذه تختص بكيفية تغذية حيوانات المزرعة والعناية بها فى الظروف الطبيعية والاقتصادية لتحقيق اقصى انتاج وحل هذه المشاكل يتم بتطبيق النتائج على ظروف مختلفة تشمل اكثر من تجارب علمية بسيطة ويتم ذلك بالتركيز على الطرق الفسيولوجية والكيماوية والحيوية والطبيعية.

وهذا الجزء من الدراسة لا يهتم فقط باحتياجات الطاقة للحيوانات المختلفة بل ايضاً بتفسير المعلومات الاساسية بتمثيل الطاقة – وهذه الدراسة اتخذت من الوجهة الغذائية حيث كانت المشكلات العلمية لمقابلة الاحتياجات الغذائية للحيوانات المختلفة فى تربية ورعاية الحيوان وكبداية فهم ادراك اهمية الطاقة فى اى اعتبار فى التغذية بجانب مصدر الطاقة فالحيوانات تحتاج فى علائقها او من معلق البكتريا فى قناتها الهضمية عدد من الجزيئات المنخفضة جداً مثل الفيتامينات. وكذلك تحتاج فى العلائق الى الاحماض الامينية التى لايمكن تكوينها فى الجسم اطلاقاً او لايمكن تكوينها بمعدل مطابق مع التفاعلات الحيوية العادية ، كذلك يحتاج الى المعادن او العناصر الغذائية المعدنية بكميات صغيرة ويقدر تركيزها الفعال فى الغذاء باجزاء لكل ١٠٠٠ مليون ، وأى نقص فى هذه الاحتياجات الهامة فى الغذاء يؤدى الى مجموعة امراض طبية معروفة ، وكثير من علوم التغذية يختص بالتعرف على حالات النقص ومدى مناسبة العلائق لاحتوائها من العناصر الناقصة ، وعلى النقيض فان النقص فى الكمية الكلية للغذاء المناسب المحتوى على العناصر الضرورية وكذلك نقص الكاقة المستهلكة فى الغذاء لا تؤدى بسهولة الى حالة معروفة غير نقص فى النمو والانتاج والتناسل . ومن المعروف حالياً ان هذا النقص فى النمو والانتاج اكثر اهمية من نقص العناصر الغذائية الضرورية ، وهذا الاخير يحدث فقط عندما يزيد طاقة الغذاء (الكالورى المستهلك) ويفيض ، وغالباً فان العناصر الغذائية المطلوبة يحتاج اليها بكميات تتناسب مع الطاقة التى تمثل :

العناصر الغذائية الدقيقة :

أولاً : الفيتامينات :

(أ) **مجموعة فيتامينات (ب) الذائبة فى الماء :** يعمل الكثير من هذه المجموعة Prosthetic groups للإنزيمات المختصه بنقل الطاقة ومثال ذلك :

(١) Vit B1 (ثيامين بيروفوسفات): ويعمل Co – factor in the oxidative carboxylation لحمض البيروفيك الى استيل COA ، وذلك فى مرحلة التحضير لدخول الجلوكوز فى دورة Tricarboxylic acid وهذا الفيتامين ايضاً يشارك ايضاً بنفس الفعل فى تحويل الفا اكيتوجلوتاريك الى سكستيل COA . وعند نقص هذا الفيتامين فى الغذاء فان حمض البيروفيك يتراكم فى الدم وانسجة المخ ويؤدى ذلك الى تقلص انسجة الرأس Typical head retraction فى حالة نقص الثيامين .

(٢) حامض النيكوتنيك: جزء من تركيب اثنين من اهم Co-enzyme وهما :

Nicotine adenine dinucleotide (NAD) and its phosphate (NADP)

حيث يشارك كمستقبل للأيدروجين Hydroger acceptors فى مختلف الهيدرجة التى تحدث فى الخلية فى هذا المجال فان الجسم يطلق طاقة من الجزيئات المنتجة للطاقة Energy-yielding nucleules عن طريق سلسلة خطوات ينتقل فيها الايدروجين من انزيم لأخر ، وفى بعض الحالات من الممكن تكوين NAD & NADP

بدون مصدر غذائى لهذا الفيتامين ولكن فى وجود الحامض الامينى الاساسى تربتوفان فى العليقة ، وفى هذه الحالة تعتبر الحاجة للأحماض الامينية لها علاقة فى دورها فى الامداد بالـ Prosthetic group لقرائن الانزيمات الهامة فى عمليات نقل طاقة ٠

(٣)بانتوثنيك اسيد جزء من جزئى Co-enzyme A الذى يتكون من حمض الادنيليك وايثانول امين والاخير يأتى من الحامض الامينى الاساسى مثيونين ، وهذا COA مهم فى تمثيل الدهون والكربوهيدرات والاحماض الامينية فى كل الانواع ، فى حالة المجترات الميتابوليزم يمكن للنواتج النهائية لتخمر البكتريا فى الكرش ان تدخل دورات المركبات التمثيلية ٠

(٤)البيوتين: جزء من Co-enzyme يختص بربط ثانى اكسيد الكربون فى Malonyl co-enzyme كخطوة بداية فى تكوين الاحماض الدهنية ٠

(٥)ريبوفلافين يعمل كـ Prosthetic group فى الفلافوبروتين Hydrogen carriers ٠

(٦)بيرودكسين (بيرودوكسال فوسفات): يعمل فى نقل مجموعة الامين حيث وبالتالى يمكن لكربون الاحماض الامينية أن تمثل ٠

(٧)حمض الفوليك: تختص بتمثيل One single carbon fragments .

(ب) الفيتامينات الذائبة الدهون :

مازالت الدلائل على اشتراك الفيتامينات الذائبة فى الدهون فى عمليات انتاج الطاقة قليلة مثال ذلك :

(١)Vit. A يختص بتحويل طاقة الضوء الى طاقة كيماوية فى العين ٠

(٢)Vit K ولحد ما Vit E تختص بالخطوة النهائية فى اطلاق طاقة الغذاء فى صورة تمكن الجسم من استعمالها ٠

جدول رقم (٥٢): الفيتامينات ودورها فى وظيفة الانزيمات

الفيتامين	الهيئة (الشكل) التى يكون بها على هيئة مرافق انزيمى او الهيئة النشطة للإنزيم	نوع التفاعل او العلميات تالتى يحفزها
الفيتامينات القابلة للذوبان بالماء :		
الثيامين	بايروفوسفات الثيامين	ازالة (CO_2) من الحوامض الكيتونية
الرايبوفلافين	الفلافين احادى النيوكليوتيد والفلافين ادنين ثنائى النيوكلونيد	تفاعلات الاكسدة – الاختزال
حامض النيكوتنيك	النيكوتين اميد ادنين ثنائى النيوكليوتيد والنيكوتين اميد ادنين ثنائى النيوكليونيد ثنائى الفوسفات	تفاعلات الاكسدة والاختزال
حامض البانتوثينك	المرافق الانزيمى (A)	انتقال المجموعة الاسيل
البايريدوكسين	فوسفات البايريدوكسال	انتقال المجموعة الامينية
البايوتين	بايوتين	انتقال CO_2
حامض الفوليك FH_4	حامض التتراهيدروفوليت	انتقال مجموعة ذرة الكربون – ١
فيتامين B_{12}	ديوكسى ادنيوسيل كوبالامين	انحراف ذرات الهيدروجين ١.٢
حامض الاسكوربيك	غير معروف	عامل مساعد فى التفاعلات اضافية الهيدروجين
الفيتامينات القابلة للذوبان بالدهون :		
فيتامين A	الرتينال (Retinal)	الدورة البصرية
فيتامين D	١ و ٢٥ – داى هيدروكسى كولى كالسيفرول	تنظيم ايض الكالسيوم
فيتامين E	غير معروف	حماية دهون الاغشية
فيتامين K	غير معروف	عامل مساعد فى تفاعلات اضافية CO_2

ثانياً : العناصرالمعدنية :

(١) الكالسيوم والفوسفور لهما دور فى تركيب الجسم كما تعمل كـ Cofactors او منشطات مع الانزيمات والفوسفور لة اهمية كبيرة فى تمثيل الطاقة ٠

(٢) البوتاسيوم والصوديوم والمغنسيوم والكالسيوم تلعب دور اساسى فى عمليات Bioenergetics التى تختص بتحويل الطاقة الكيماوية لطاقة كهربائية فى الاعصاب وفى نهاية الخلايا العصبية حيث الاشارات العصبية تتحول الى Biochemical events ٠

(٣) الحديــد يمثــل جــزء مــن heamoglobin molecule Oxygen-carring وكــذلك فــى Electron or hydrogen carrier or cytochromes.

(٤) الزنك يعمل من خلال انزيم Carbonic anhydrase الذى يختص بازالة الناتج النهائى لعمليات الاكسدة وهو ك أ ٢ ٠ وكلا استهلاك أ٢ وانتاج ك أ٢ تتناسب مع اهمية تبادل الطاقة ٠

من ذلك فإن احتياجات الانسجة من العناصر الغذائية الهامة تعتمد على تمثيل الطاقة الضرورية لحياة الكائنات الحية ، واى نقص فى هذه العناصر الغذائية يتداخل مع تمثيل واطلاق الطاقة ، وقد يكون تأثير نتيجة نقص العناصر الغذائية عن طريـق تقليـل الغـذاء المـأكول اختياريـاً ممـا يـؤدى الـى تحميـل الجـسم والحـد مـن الكفـاءة الكليـة لعمليـات انتـاج الطاقـة Energy-yielding process التى تقل او تضعف بالرغم من ثبات كمية الغذاء مع استمرار احتمال نقص الغذاء ٠

من وجهة النظر الخالصة من حيث التغذية او الكيماوية الحيوية فان كل الاسباب الخاصة بحاجة الثدييات وحيدة المعدة والطيور والاسماك من الطاقة ترتبط باحتياجات الحيوان من العناصر الغذائية الاخرى وفى حالة المجترات فالميكروفلورا هى المسئولة عن مصدر بعض الفيتامينات خاصة مجموعة B باستثناء B12 (سيانوكوبالامين) حيث يمكن تكوينة فى حالة وجود كوبالت فى الغذاء ٠ كما أن نشاط الميكروفلورا تعالج نقص الاحماض الامينية فى الغذاء عن طريق تكوينها من مركبـات بـسيطه للنيتـروجين مثـل الامونيـا او مركبـات تنـتج امونيـا عنـد مهاجمـة البكتريـا ، وبالنـسبة للاحمـاض الامينيـة الكبريتية مثل الستسئين او المثيونين فيمكن تكوينها طريق اضافة كبريت غير عضوى فى العلائق ، وهذه علاقة مشاركة بين الحيوانات المجترة (الكرش) والميكروفلورا Fortumate symbiosis دون باقى الحيوانات والطيور الأخرى ٠

طرق تقدير تمثيل الطاقة فى الحيوانات (*)

Methods of measuring the energy metabolism of animals

الشمس هى المصدر الأول للطاقة بالنسبة للحيوانات ، والنباتات الخضراء تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية بكفاءة عالية جداً وهذه الطاقة عندما يتغذى عليها الحيوان كغذاء تنطلق من خلال عمليات الميتابوليزم لتسمح بالضغوط الاسموزية ونقل الجزيئات وعمل ميكانيكى لتكوين جزيئات جديدة او تكوين طاقة كهربائية كما فى التوصيلات العصبية٠
وفى حالة النباتات الخضراء تستخدم 48 quanta من الضوء الاحمر لتكوين ١ مول من السكر حيث تمثل كفاءة التحويل من الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية فى حدود ٣٥% ، ويستخدم الحيوان مول واحد من السكر بكفاءة فى حدود ٣٠% او اكثر فى العمل الميكانيكى فى انتاج تيار او نبضات كهربائية وفى عمل اسموزى ، كما ان طاقة الغذاء ليست هى المصدر الوحيد لطاقة غذاء الحيوان ٠

الطاقة الضوئية : Light energy تتحول بواسطة العين الى طاقة كيميائية وكذلك الى طاقة كهربائية فى التيار العصبى لل Optic nerve ٠

الطاقة الصوتية : Sound energy تنتج طاقة ميكانيكية فى The ossietes of the ear عظم الاذن الوسطى ٠

الاشعاع الايونى : Ionising radiation ينتج فى الطبيعة من تغير الجزيئات ٠

المستقبل العصبى فى الجلد : Neural receptor يتفاعل مع الضوء والحراره والضغط ويتحلل مع تيار كهربائى بسيط٠

تعريف وحدات الطاقة (الكالورى) :

التغير فى الطاقة لمختلف الانظمة تعرف بالوحدة الدولية International joules وهى تساوى : International volts x international amperes x seconds وقد استخدم علماء الكيمياء والتغذية اصطلاح كالورى كوحدة للطاقة وهو عبارة عن الطاقة الحرارية اللازمة لرفع او زيادة درجة حرارة كتلة من الماء بواسطة عدد من الدرجات الحرارية ٠
ويعرف الكالورى بأنه كمية الحرارة التى ترفع درجة حرارة ١ جم من الماء من ١٤.٥ الى ١٥.٥م ٠ ويمكن تعريف الطاقة بوحدات كهربائية مثل الجول Joules ويقدر الكالورى ٤.١٨٥٥ جول International joules والكالورى هذا يسمى Small calorie بينما ١٠٠٠ كالورى يسمى 10^3 = large calorie أو كيلو كالورى Kilo caloie ويختصر بـ Kcal ، ١٠٠٠ كيلو كالورى يسمى megacalrie ويختصر بـ Mcal ويساوى 10^6 calorie ويساوى فى نفس الوقت I therm ٠

Free energy changes

عند اكسدة ١ مول من الجلوكوز الصلب بواسطة غاز الاوكسجين تحت ضغط واحد جوى لانتاج ماء + ك أ٢ (غاز) عند ضغط واحد جوى ، درجة الحرارة 298°c ٠

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \text{ --------- } 6CO_2 + 6\ H_2O$$

(solid) (gas lat.) (gas lat.) (liquid)

F° = - 688 Kcal/mole.

F.E.C. (Free energy change) لهذا التفاعل تسمى F° ، الرمز (°) تدل على ان كل المواد المتفاعلة والناتجة فى حالة قياسية (صلبة – سائلة – غازية) على ضغط واحد جوى ، F° مستقلة تماماً عن طريق الاكسدة وتعتمد فقط على الحالة الابتدائية (الاولية) والنهائية للنظام – وهذا يتبع القانون الأول للـ Thermodynamics (قانون هس the law of hess or the low of constant heat summation).
اذا كان الاكسدة تتم بحرق الجلوكوز بلهب من نار او اكسدته فى جسم الحيوان بخطواته التمثيلية فيكون F° تحت الظروف القياسية = 688 Kcal/mol ٠
وتحت الظروف الفسيولوجية حيث تركيزات المواد المتفاعلة والنواتج ، وتركيز ايون الايدروجين ، درجة الحرارة مختلفة عن الظروف القياسية فيكون رمز F° يصبح F` وتحت الظروف الفسيولوجية فان F` بالنسبة للتفاعل السابق حوالى - 710 Kcal ومن الملاحظ ان F Free energy طريقة متناسبة حيث يمكن وصف تحويلات ونقل الطاقة فهى تمثل الاختلافات F فى الطاقة الحرة للنواتج والمواد المتفاعلة ٠
واذا كان التفاعل يتم بدون اى امداد للطاقة فيكون F سالبة ، واذا تم بواسطة اعداد خارجى للطاقة فيكون F موجبة ، وعلى ذلك فان F° تكون سالبة فى حالة اكسدة الجلوكوز الى ك أ٢ + ماء والتفاعل العكسى اى تكوين كربوهيدرات من ك أ٢ + يد ٢أ (عملية التمثيل الضوئى Photsynthesis) تكون F° موجبة حيث يتم اضافة الطاقة من مصدر خارجى مثل الشمس ٠

Heat and Entropy :

عند اكسدة الجلوكوز تحت الظروف القياسية فممكن كتابة التفاعل كالآتى :

(*)The energy metabolism of ruminants Kenneth Lyon blaxter (1967)

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \text{-------} 6\ CO_2 + 6H_2O$$

(solid) (gaslat) (gaslat) (liquid) F°

H° = - 673

H° هو الفرق بين المحتوى الحرارى للمواد المتفاعلة والنواتج تحت ضغط ثابت طبقاً الى قانون Hess ويكون التغير فى المحتوى الحرارى مستقل عن الطريق الذى يتم فيه الاكسدة وهى ايضاً تمثل التغير فى الطاقة الكلية للنظام ٠

وتمثل F° أقصى كمية من الطاقة قادرة لاداء عمل وبالتالى فان التغير H ، F يربطهما علاقة طبقاً للمعادلة الآتية :

H = F + T S

وعلى ذلك يكون تفاعل اكسدة الجلوكوز T S° = - 15 Kcal/mole

يرمز له S = a property of the system called its entropy & T = absolute temperature entropy

Intensity factor , temp. and a والطاقة الحرارية ناتج من Capaciy factor ويعرف بالـ Calories / °C / mol

Voltage and charge والطاقة الكهربائية ناتج من capacity factor

Entropy is mainly a function of the size of the molecule and is a function of the electronic , vibrational , rotation and translational energies of the molecule.

هو تأثير او فعل حجم الجزئى والطاقة الكهربائية والذبذبه والدوران ونقل الطاقة فى الجزئ٠

مثال آخـر : أكسدة الاستيك اسيد

$$CH_3COOH + 2O_2 \text{-------} 2CO_2 + 2\ H_2O$$

(liquid) (gas) (gas) (liquid)

F° = - 207.1.1 Kcal/mole.

H° = - 209.4 Kcal/mole.

T S° = - 2.3 Kcal/mole.

F° صغيرة بالنسبة F° للجلوكوز ٠

ويجب ملاحظة ان تقدير F° للتفاعلات عادة تكون على اساس حرارة الاحتراق وتقدير الـ Entropy الذى يقدر التغير فى السعة الحرارية للمواد المتفاعلة والناتجة والذى يتم فى درجة حرارة منخفضة جداً عن ٢٥ درجة مئوية ٠

Application to animals :

تستخدم الحرارة الحرة Free energy فقط فى حالة تفاعلات الاكسدة البسيطة ولكن لا ترتبط طاقة التحويلات الكلية فى الحيوان مع Free energy لاسباب عديدة مثال ذلك تعذر تقدير entropy changes للأكسدة النهائية فى حالة هضم التبن او اللفت اذا تغذى عليها ثور او عجل مخصى bullock لهذا لايمكن بسهولة قياس تغيرات الطاقة بواسطة تغيرات فى الحرارة ، ولذا فيكون تقدير الطاقة المستفادة للحيوان بتقدير H والتى تمثل الحرارة الكلية الناتجة من الاكسدة الكاملة وليست F ٠

Can not be defined in terms of the potentially useful energy yields on complete oxidation , F, but in terms of the total produced on complete oxidation, H.

اذا كان الحيوان امتص مثلاً جلوكوز من المعدة وتأكسد الى ك أ٢ + يد ٢ أ فان تقدير الحرارة تكون S T + F =

H° وحرارة الاحتراق المؤكسد هو افضل قياس للحمل الذى فرضته الاكسدة على جهاز تنظيم الحرارة عما لو استعمل F فى الاكسدة فقط ٠

وقد عبر العالم Wilkie (١٩٦٠) عن وجهة نظره فى قاعدتين هامتين هما :

١- اذا كانت المشكلة هى معرفة الكميات لمختلف العمليات الكيماوية والطبيعية الحادثة ووقت حدوثها فيكون المختص بذلك هو H – (حرارة التفاعل) والمعادلات المطلوبة تتبع القانون الأول لـ Thermodynamics ٠

٢- اذا كانت المشكلة تختص بميكانيكية التفاعلات من عملية الى اخرى فان هذه الحالة يلزم معرفة F بالاضافة الى كمية العمليات ، وفى هذه الحالة المعادلات المطلوبة تتبع القانون الأول والثانى للثرموديناميك Thermodynamics ٠

Calorimetric technique :

من الممكن قياس الطاقة الناتجة من اكسدة الغذاء سواء فى المعمل او فى الجسم بواسطة الكلاريتمر the techniques of calorimetry ويتم قياس حرارة احتراق الغذاء بواسطة المسعر الحرارى The technique of bomb calorimetry حيث يوضع كمية موزونه من الغذاء فبومبة المسعر heavy metal bomb ويدخل الاوكسجين تحت ضغط وتغطس البومبة فى كمية موزونه من الماء ، ثم يحرق الغذاء لحظياً بحرارة دقيقة بسلك رقيق من البلاتينيوم ويتم الحساب على اساس زيادة حرارة الماء × السعر الحرارية للماء والبومبة تعطى مقياس للحرارة الناتجة ٠ويجب الحذر لتقليل الفقد الحرارى من الكلاريتمر خلال التجربة ٠

فى بعض الاجهزة كمثال كل الكلاريتمر يحاط بواسطة Water jacket لحفظ درجة حرارة جهاز الكلايتمر مضبوطة خلال التجربة ، وهذا النوع adiabatic fehture يؤكد انه لايوجد فقد حرارى يحدث قبل او بعد رفع الحرارة نتيجة الحرق .

*– ولابد من عمل تصحيح للحرارة الناتجة بالصهر فى حرق العينة وكذلك عندما تحتوى العينة على كبريت ونيتروجين فينتج عنهما اكاسيد نيتروجينية وكبريتية وهذه الاكاسيد تذوب فى اقل كمية من الماء موجودة فى البومبة قبل بدء الحرق وممكن معايرتهم عندما تكتمل الاكسدة ٠ تقدير حرارة الحرق لمركب فى البومبة ممكن جداً ولكن لابد من الاشارة الى الحالة التى قدرت عليها او تم عليها التقدير وليست الحالة القياسية والظروف السابقة هى ضغط ٢٥ وفى بعض الحالات ٣٠ ضغط جوى ودرجة الحرارة الابتدائية ٢٥ درجة مئوية وقد تختلف فى بعض الاحيان ٠

*– اكثر من ذلك فالتغير فى المحتوى الحرارى تحت الظروف القياسية H يعرف بأنة التغير المحتوى الحرارة تحت ضغط ثابت ٠

*– اذا كان ينتج من الحرق ك أ٢ اكثر من الاوكسجين المستهلك فان التغير فى الضغط يكون ملحوظ ، ولابد من عمل تصحيح للمكافئ الحرارى للعمل المبذول فى ضغط الغاز ٠

عندما يستعمل Bomb calarimetry كخطوة اولى فى حسابات الطاقات الحرة للتفاعلات المشتملة التحويلات الجزئية الصغيرة فقط

the free energies reactions involving only small molecular transformations.

هذه الانحرافات عن الظروف القياسية تصبح هامة جداً ، بالاضافة الى أن هذه الحسابات من النتائج الحرارية يرجع غالباً لأهمية F° ، S° والى الخطأ المرتبط بتقدير H° ومع ذلك فان هذه التصحيحات للنتائج تؤدى بها الى الظروف القياسية The Washburn corrections ، وتعتبر هذه التصحيحات صغيرة جداً عندما تقارن بحرارة حرق المركب فهى لاتتعدى ٠.١ % ٠

وفى معظم تجارب التغذية فانه من الممكن اهمال هذه الانحرافات وتؤخذ the calorific value كنتائج خام crude results مباشرة من الكلاريمتر بعد عمل تصحيح للانصهار واكاسيد النتروجين والكبريت المتكونه ، ولابد ان يفترض ان تقدير حرارة الحرق بطريقة البومبة تكافئ بالضبط H° فى وجود خطأ بسيط جداً ٠

Animal calorimeters :

تعتبر المشاكل العملية لتقدير كمية الحرارة الناتجة عن حرق حوالى جرام من المادة ضئيلة اذا قورنت بتقدير الحرارة الناتجة بواسطة الحيوان خلال اى اكسدة لغذائه او دهن وبرتين جسمة ٠

واقدم كلاريتمر استخدم لقياس الحرارة الناتجة بواسطة الحيوان يقوم على اساس نفس المبادئ والقواعد العامة للـ bomb calormiter حيث الحرارة توظف لزيادة درجة البيئة المحيطة ، وأول كلايمتر للحيوان استخدمه Lavoisier and Laplace وذلك فى القرن ١٨ حيث توظف الحرارة المنطلقة لصهر ثلج يحيط بالحيوان ، ويتم الحساب بضرب كمية الثلج المنصهر × الحرارة او الطاقة الكامنة فى الثلج latent heat of ice = الحرارة الناتجة ٠

بعد كلاريمتر لافوازيه تم استخدام كلاريمتر Crawford`s calorimeter ومبنى على نفس أساس نظام bomb calorimeter حيث تنتقل الحرارة الى كمية من الماء المحيط ٠

وقد حدث تطور هائل فى صناعة الكلارميتر منذ مائتى سنه ، والاساس المبنى عليها كان وضع الحيوان فى مكان مغلق مزدوج الجدران ، فى الحوائط النحاسيه الداخليه تنطلق الحرارة من الحيوان وتتجمع بواسطة الماء الدائر فى انابيب نحاسية ، وتضبط درجة حرارة الحائط الخارجي بالتسخين او التبريد بطريقه لايفقد او لايتدفق حرارة من الحائط النحاس الداخلى الى الحائط الخارجى ، وتتجمع الحرارة الكلية المحسوسه بواسطة الماء الدائر ، وتحسب الفاقد الحرارى بالاشعاع والحمل الحرارى بضرب وزن الماء الدائرى / وحدة زمن × ارتفاع درجة حرارته ، وهذه الكلاريتمرات مجددة الهواء ، او مهواة ، ويقاس بها بدقه الحجم ودرجة الحرارة والرطوبة للهواء الداخل والخارج ٠

وتقدر الحرارة المفقودة بواسطة الحيوان فى بخار الماء بضرب وزن الماء المتبخر × الطاقة الكامنة لبخار الماء ، وهذه يفترض انها ٠.٥٨٦ كيلو كالورى / جم وهى تشمل خطأ بسيط تعتمد الحرارة المفقودة بواسطة الحيوان فى بخار الماء تعتمد على درجة حرارة سطحة ودرجة حرارة ورطوبة الجو المحيطه به ، والقيمة الاكثر قبولاً للاغراض العادية تكون ٠.٦ كيلو كالورى / جم ٠

وقد صمم Armsby and Fries فى امريكا سنة ١٩٠٣ diabatic heat flow calorimeters وملائمته للماشية والخنازير ، وبعده Capstick and wood 1920 فى كامبريديج وكلاهما مدين بالكثير للعالم Atwater – Rosa adiabatic calorimeter حيث صممه سنة ١٨٩٩ ٠

فى جهاز American cattle calorimeter فان thermo couples تتصل بالجدارين ويقرأ كل دقيقة ، ويجب ضبط الحرارة الداخلة فى الفراغ بينهما للحفاظ على اساس نظام الجهاز adiabatic كذلك يجب قياس درجات الحرارة ومعدلات التدفق للماء البارد خلال ٢٤ ساعة ٠ وقد امكن لهذه الاجهزة أن تعمل ذاتياً ولكن مازالت هذه الاجهزة معقدة عند تشغيلها

حيث لها مكافئ مائى حرارى عالى high hydrothermal equivalent وكذلك فهى مكلفة عند التشغيل ، وقد تم تصميم اجهزة احدث تختفى بها تلك العيوب .

Gradient Layer Calorimetry :

بدلاً من استخدام الاجهزة من نوع adiabatic لمنع الفقد الحرارى المحسوس من الكلاريمتر حيث الحرارة تنتقل للسوائل الدائرة وممكن الحرارة ان تتدفق خلال الحوائط الحاملة واذا كانت الحوائط لها توصيل حرارة معروف thermal conductivity للتدفق الحرارى فمن الممكن معرفته بواسطة Fourier`s Law الذى ينص على :

$$\frac{dh}{dt} = \lambda S\,(T_1 - T_0)\,t$$

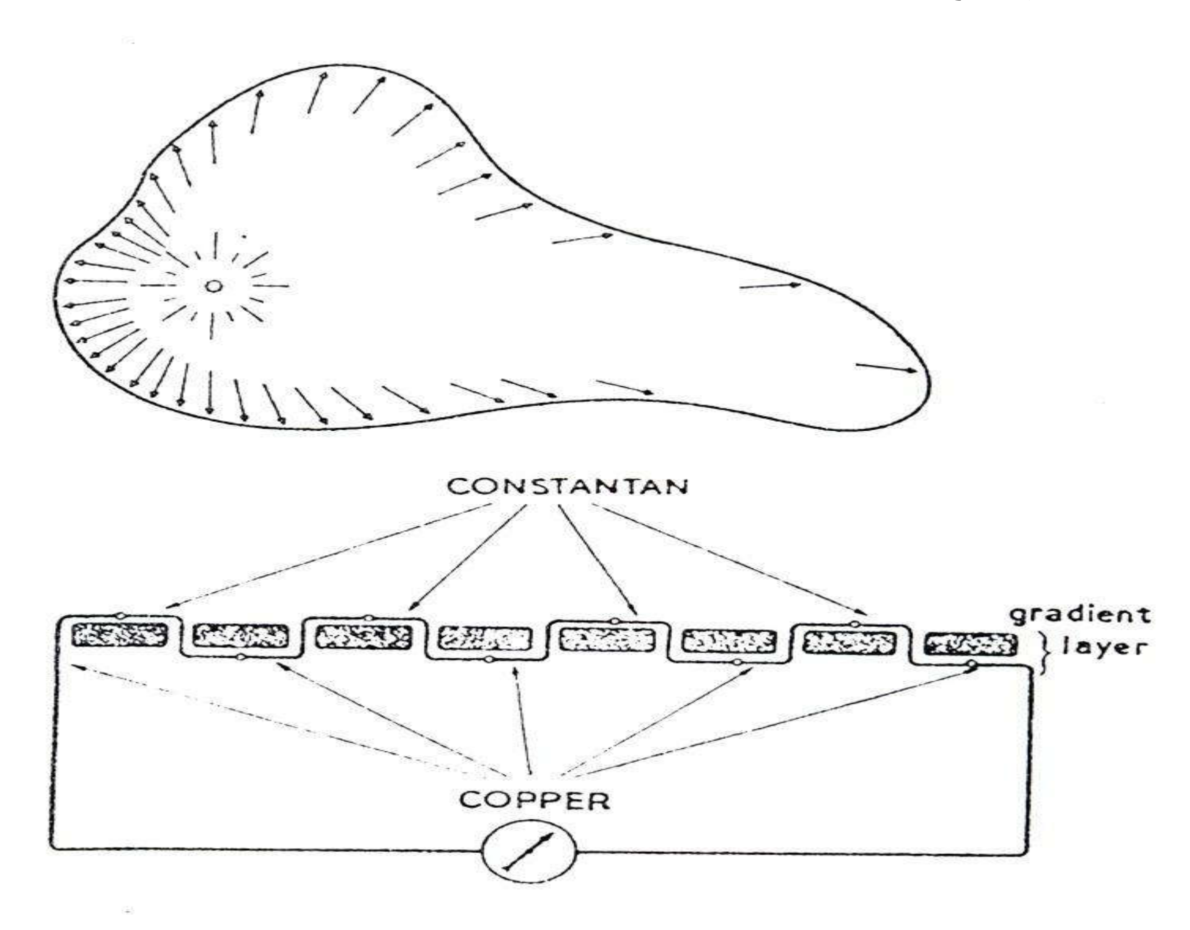
$\frac{dh}{dt}$ = the rate of heat flow معدل التدفق الحرارى

λ= The thermal conductivity of the wall which has a surface area S and the thickness t

التوصيل الحرارى للحوائط التى لها مسطح S وسمك t

$(T_1 - T_0)$ = The gradient of temperature between the inner and outer surface of the wall.

والاساس العام موضح فى الشكل التالى :



شكل رقم (٣٤): Principle of the modern gradient layer calorimeter devised by Benzinger. The lower diagram shows a gradient layer, consisting of copper-constantan junctions woven through an insulating layer. If this gradient layer lines the entire surface of a cavity completely and uniformly, as shown in the upper diagram, it records the total heat emitted from a source within the cavity regardless of its location ant the size or shape of the cavity

اذا كان السطح مرتب فى طبقة من المادة مطابقة للسمك والتوصيل الحرارى فان متوسط التدرج فى درجة الحرارة بين الاسطح الداخلية والخارجية لهذه الطبقه تتناسب مع الفقد الكلى الحرارى او الحرارة المكتسبة من المصدر خلال التجويف فمن الممكن الوصول الى حالة ثابتة من التدفق الحرارى ۰ اذا تغيرت الحرارة الداخلة فجأة فان درجة الحرارة المتدرجة ترتفع بسرعه أو تنخفض لمستوى جديد تمثل حالة ثابته جديدة من التدفق الحرارى ۰

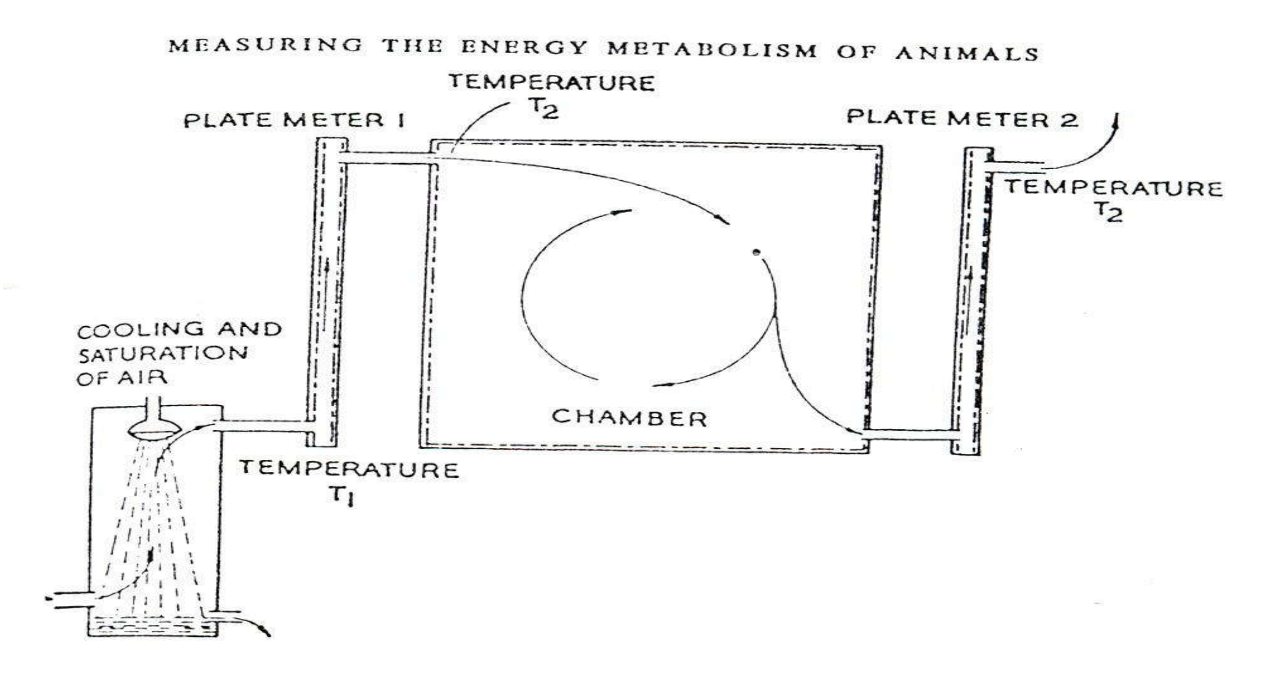
وواضح انه كلما زاد سمك الحوائط كلما كبر the greater the thermal gradient ويتطور ، وكذلك كلما رق سمك الحوائط كلما زاد سرعة الاستجابة الى التغير الفجائى فى الحرارة الخارجيه خلال الجهاز ۰

وفى حالة الاجهزة البسيطة المقفلة غير الهواء فان الاستجابة تكون مستقلة عن الطريقه التى تنتقل الحرارة الى الطبقة سواء بواسطة الا شعاع أو التوصيل أو الحمل الحرارى أو تكثيف بخار الماء المتولد من المصدر الحرارى خلال الجهاز على الطبقة۰

ويسمى الاساس السابق the gradient layer principle وكان أول من استعمله Richet and Rubbner (1888) ، حيث يسكن الحيوان فى الجهاز وتحيط القشرة الداخلية بالحيوان تكون محاطة بمكان هوائى ضيق وهذه محاطة بطبقة عازلة ، وخارج هذه الطبقة مكان هوائى أصغر ، وكلا المكان الهوائى الداخلى والخارجى يكون محكم السداد ، وأى فرق فى الضغط بين المكان الهوائى الداخلى والخارجى يتناسب مع درجة الحرارة المتدرجة اعلى من الطبقة العازلة ، واستعمال هذه الامكنة الهوائية المحكمة كالترمومترات يؤدى الى بطئ فى الاستجابة ۰

بعد ذلك بدأ تطوير الاجهزة السابقة فبدأ Benzinger استعمال طرق حديثة لقياس درجة الحرارة وصمم جهاز للإنسان حساسيته عاليه وسريعه الاستجابه ۰

وبالرغم من ان اساس تقدير التدفق الحرارى بسيط فان المشاكل العملية كثيرة فى تقدير الفقد الحرارى للحيوان والانسان واهمها تهوية الكلاريتمر لازالة بخار الماء ، وثانى اكسيد الكربون الناتج بواسطة الحيوان ، واذا لم يدخل الهواء ولم يخرج من الكلاريتمر بنفس درجة الحرارة وضغط البخار فان اكتساب الطاقة او فقدها تحدث ولا تسجل بواسطة The gradient layers of the calorimeter anclosure ۰ وقد صممت بعد ذلك اجهزة تحل مشكلة التهوية كما فى الشكل التالى :



شكل رقم (٣٥): control of heat input and output in the air circulating through a gradient layer calorimeter. Air is cooled and saturated with water vapour to temperature T1 in the cooler. It passes through a gradient layer heat exchanger (1) where it is brought to temperature T2, flows through the calorimeter and then through a second heat exchanger (2). Where its temperature is again brought to T2 and where any water vapour condenses. Any heat added to the air by an animal in the chamber induces a net excess potential in heat exchanger 2, which is recorded with the thermopiles of the gradient layer of the two exchangers in series. Gradient layers are shown by broken lines.

حيث يبرد الهواء الداخل أولاً الى درجة الحرارة المضبوطة T_1 ثم يشبع ببخار الماء وبعدها يمر خلال المبادل الحرارى او Plate meter حيث تسخن الى درجة الحرارة المفروضة T_2 ، تقاس الحرارة الداخلة بـ gradient layers المتصلة بالمبادل الحرارى ويدخل الهواء فى الكلاريتمر واذا كان الحيوان موجود فان من المؤكد ان ترتفع الرطوبة وسوف تزيد بالتالى درجة الحرارة ، ثم يخرج الهواء من الكلاريتمر خلال المبادل الحرارى الثانى حيث يعود بدرجة الحرارة الى T_2 والضغط البخارى الى التشبع عند T_2 ، فى هذا Platemeter يقاس الفقد الحرارى مرة اخرى من الهواء بواسطة gradient layer والفرق بين الحرارة الداخليه فى the ingoing platemeter والحرارة الخارجيه فى the outging platemeter يعتبر مقياس دقيق للحرارة المضافة للهواء الدائرى بزيادة درجة حرارته او الضغط البخارى وتقاس temperature gradients فى كل الأجهزة الحديثة بواسطة thermo couples حيث تتصل كل الوصلات (من معدن نشط حرارى كهربى A لآخر B لسطح واحد من gradient layer وجميع الوصلات B الى A سطح آخر .

All junctions of the thermoelectrically active metal A to thermoelecricallt active metal B are attached to one surface of the gradient layer, and all junctions B to A to the other surface.

One surface ----------------- B to A

Other surface --------------- A to B

بالنسبة لعلماء الفسيولوجى فتوجد اجهزة كثيرة ومعظها غالى ، والمتوفر تجارياً نوع عبارة عن شريط مفرد مكون من نحاس ملحوم من كل حافة منه فى الحافة الاخرى ويعمل شق او قطع فى هذا الشريط يتكون وصلات حرارية كثيرة thermo junctions وهذه ممكن تشابكها فى لوح من البلاستيك لتعطى a gradient layer وبهذه الوصلات الكثيرة العدد فان يجب ضرورى ضبط درجة الحرارة لـ calorimeter jacket بدقه لانه اذا تغيرت درجة الحرارة له خلال التجربة فانه سيحدث تدفق للحرارة خارج او الى داخل gradient layer ويتم ذلك بواسطة دوران الماء بدرجة حرراة مضبوطة بحرص فى القشرة الخارجية ، ويجب مراعاة ان تكون الارضية قوية جداً .

BOMB CALORIMETRY

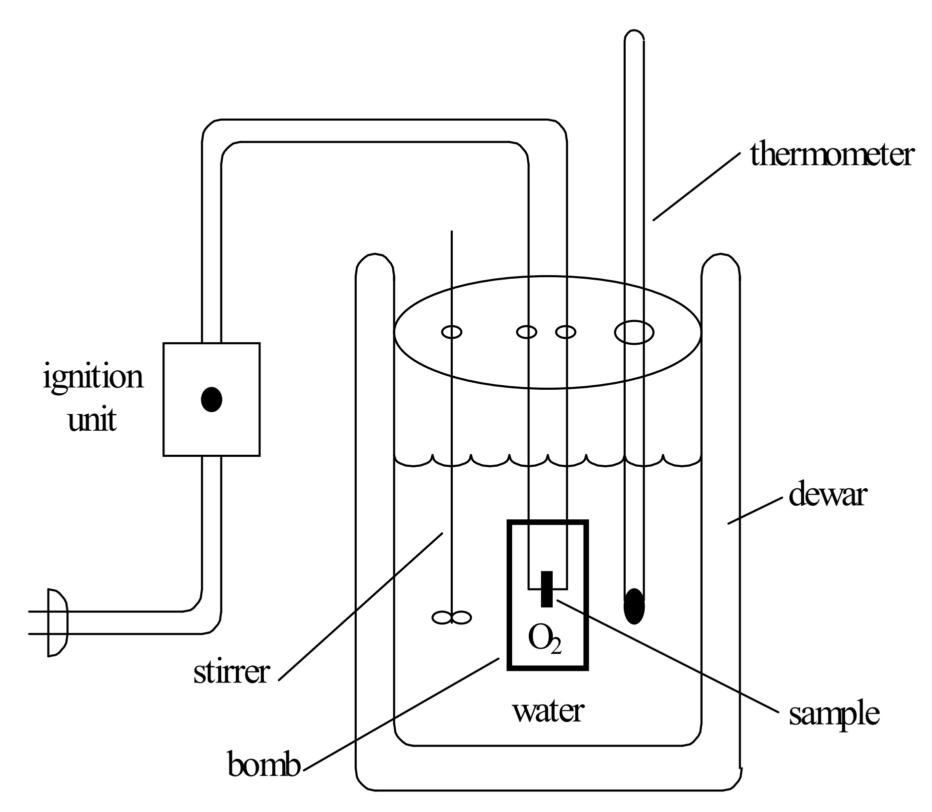
1. Purpose of Bomb Calorimetry Experiments

Bomb calorimetry is used to determine the enthalpy of combustion, $\Delta_{comb}H$, for hydrocarbons:

$$C_xH_YO_{Z\,(s)} + (2X+Y/2-Z)/2\ O_{2\,(g)} \rightarrow X\ CO_{2\,(g)} + Y\ H_2O_{(l)}$$

Since combustion reactions are usually exothermic (give off heat), $\Delta_{comb}H$ is typically negative. (However, be aware that older literature defines the "heat of combustion" as $-\Delta_{comb}H$, so as to avoid compiling tables of negative numbers!)

2. Construction of a Bomb Calorimeter



شكل رقم (٣٦): The bomb calorimeter consist primarily of the sample, oxygen, the stainless steel bomb, and water.

The dewar prevents heat flow from the calorimeter to the rest of the universe, *i.e.*,

$$q_{calorimeter} = 0$$

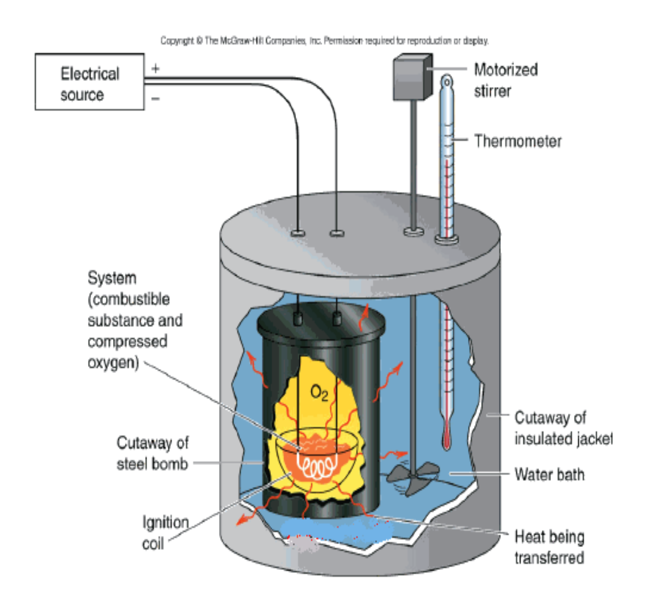
Since the bomb is made from stainless steel, the combustion reaction occurs at constant volume and there is no work, *i.e.*,

$$w_{calorimeter} = -\int p\, dV = 0$$

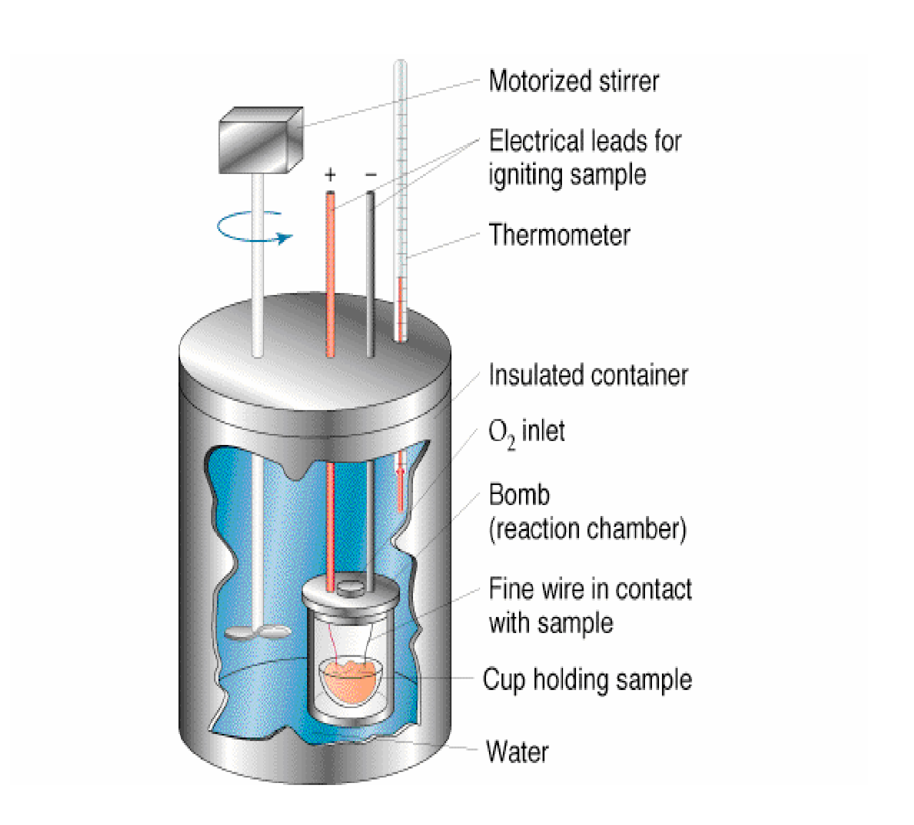
Thus, the change in internal energy, ΔU, for the calorimeter is zero

$$\Delta U_{calorimeter} = q_{calorimeter} + w_{calorimeter} = 0$$

The thermodynamic interpretation of this equation is that the calorimeter is isolated from the rest of the universe.



شكل رقم (٣٧)



شكل رقم (٣٨)

3. □U and □H in a Bomb Calorimeter

3. A. Internal energy change ΔU

Since the calorimeter is isolated from the rest of the universe, we can define the reactants (sample and oxygen) to be the system and the rest of the calorimeter (bomb and water) to be the surroundings.

The change in internal energy of the reactants upon combustion can be calculated from

$$dU_{\text{tot}} = dU_{\text{sys}} + dU_{\text{surr}} = 0$$

$$dU_{\text{sys}} = -dU_{surr}$$

$$= -\left[\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV\right]$$

Since the process if constant volume, dV=0. Thus, recognizing the definition of heat capacity C_v yields

$$dU_{\text{sys}} = -C_v dT$$

Assuming C_v to be independent of T over small temperature ranges, this expression can be integrated to give

$$\boxed{\Delta U = -C_v \Delta T}$$

where C_v is the heat capacity of the surroundings, *i.e.*, the water and the bomb.

3. B. Enthalphy change ΔH

By definition of enthalpy

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV)$$

Since there is very little expansion work done by condensed phases, $\Delta(pV) \approx 0$ for solids and liquids. Assuming the gas to be ideal yields

$$\boxed{\Delta H = \Delta U + RT\Delta n_{\text{gas}}}$$

3. C. Intuitive difference between ΔU and ΔH

Recall that $\Delta U = q_v$ is the heat flow under constant volume conditions, whereas $\Delta H = q_p$is the heat flow under constant pressure conditions. The difference between these two situations is that pV work can be done under constant pressure conditions, whereas no pV work is done under constant volume conditions.

Consider the case where $\Delta n_{\text{gas}} > 0$. *i.e.*, the system expands during the reaction. The same amount of energy is released by the reaction under both sets of conditions. However, some of the energy is released in the form of work at constant pressure; thus, the heat released will be less than at constant volume. Mathematically,

$$\text{heat released} < \text{energy released}$$

$$-\Delta H < -\Delta U$$

$$\Delta H > \Delta U$$

In the case where $\Delta n_{\text{gas}} < 0$. *i.e.*, the system contracts during the reaction, the surroundings does work on the system. Thus, this work is available for energy release from the system back to the surroundings in the form of heat. Mathematically,

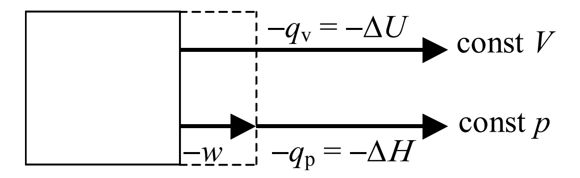
$$\text{heat released} > \text{energy released}$$

$$-\Delta H > -\Delta U$$

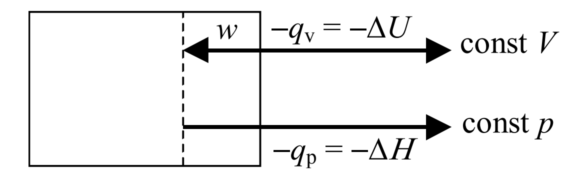
$$\Delta H < \Delta U$$

These cases can be depicted pictorially as follows:

$\Delta n_{gas} > 0$
work done by system
$-\Delta H < -\Delta U$ or $\Delta H > \Delta U$



$\Delta n_{gas} < 0$
work done on system
$-\Delta H > -\Delta U$ or $\Delta H < \Delta U$



4. Calibration of the Calorimeter

4. A. Estimating C_v

The heat capacity of the bomb calorimeter can be estimated by considering the calorimeter to be composed of 450 g water and 750 g stainless steel. Knowing the specific heat capacity of water to be 1 cal/g·K and estimating the specific heat capacity of steel to be 0.1 cal/g·K yields

$$C_v(\text{calorimeter}) = m(\text{water}) \cdot C_v(\text{water}) + m(\text{steel}) \cdot C_v(\text{steel})$$

$$= 450\text{g}\left(1\frac{\text{cal}}{\text{g K}}\right) + 750\text{g}\left(0.1\frac{\text{cal}}{\text{g K}}\right)$$

$$= 450\frac{\text{cal}}{\text{K}} + 75\frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

$$= 525\frac{\text{cal}}{\text{K}}$$

4. B. Measuring C_v

For accurate work, the heat capacity of the calorimeter must be measured. This is done by depositing a known amount of energy into the calorimeter and observing the temperature increase. The two most common methods for measuring C_v are

1. Burning a standard with known ΔU, *e.g.*, benzoic acid.

$$m_{\text{benzoic acid}}\, \Delta U_{\text{benzoic acid}} = m_{\text{benzoic acid}}\, -6318 \text{ cal/g·K} = -C_v\, \Delta T$$

2. Doing electrical work by passing current though a resistor.

$$\Delta U = w + q = V \cdot I \cdot t + 0 = C_v\, \Delta T$$

5. Corrections in Bomb Calorimetry

5. A. Combustion of fuse

Nickel and iron fuses can burn according to

$$\text{Ni} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NiO}$$

or

$$2Fe + \frac{3}{2} O_2 \rightarrow Fe_2O_3$$

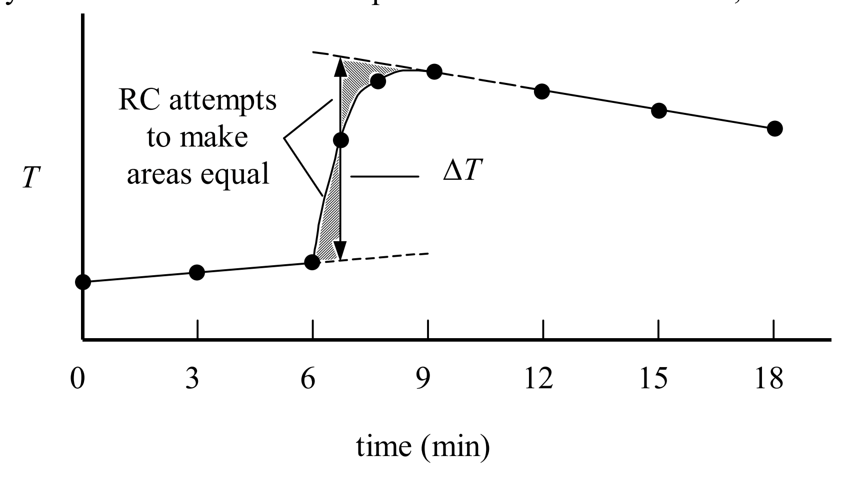
The heat released by combustion of the fuse is accounted for by recognizing that

$$\Delta U = \Delta U_{sample} \cdot m_{sample} + \Delta U_{burned\ fuse} \cdot m_{burned\ fuse} = -C_v \, \Delta T$$

where the mass of the burned fuse is determined by weighing the fuse before and after firing the bomb.

5. B. Nonadiabaticity of calorimeter

A bomb calorimeter is only approximately adiabatic. In reality, there is a small heat leak through the dewar ($q_{calorimeter} \neq 0$) and the stirrer does work on the calorimeter ($w_{calorimeter} \neq 0$). Nonadiabaticity is corrected for with an empirical **radiative correction**, *RC*.



شكل رقم (٣٩):

The time at which the bomb is considered to be fired is the time that makes the areas indicated in the above figure equal. For the Parr calorimeter, this is estimated to be at t = 7 minutes. Thus, the temperature at t = 6 minutes must be extrapolated forward 1 minute by the pre-firing slope, and the temperature at t = 12 minutes must be extrapolated backward 5 minutes by the post-firing slope. Mathematically, this is done as follows

$$\Delta T = \left(T_{12} + (-5\,\text{min}) \frac{T_{18} - T_{12}}{6\,\text{min}} \right) - \left(T_6 + (1\,\text{min}) \frac{T_6 - T_0}{6\,\text{min}} \right)$$

$$= T_{12} - T_6 + (-5\,\text{min}) \frac{T_{18} - T_{12}}{6\,\text{min}} - (1\,\text{min}) \frac{T_6 - T_0}{6\,\text{min}}$$

$$= T_{12} - T_6 - \frac{5(T_{18} - T_{12}) + (T_6 - T_0)}{6}$$

$$= T_{12} - T_6 - RC$$

5. C. Nitric acid formation

At high temperatures, nitrogen can form nitric acid in the presence of oxygen and water. (This reaction also occurs in automobile engines and is partially responsible for smog production.)

$$N_2 + \frac{5}{2} O_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$$

Flushing the bomb with oxygen prior to firing, thereby displacing all nitrogen, eliminates nitric acid formation.

6. Application of □combH

In addition to measuring the energy release of one particular reaction, calorimetry is an important tool for determining the enthalpy of formation for the compound under study. This information can then be applied to *any* reaction involving the compound.

The enthalpy of combustion for the reaction

can be written as

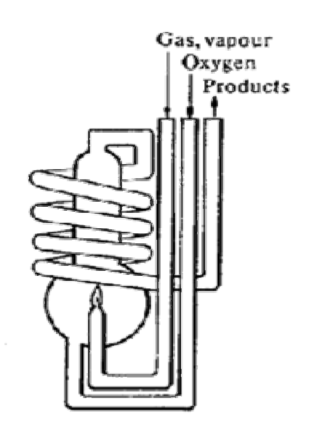
$$\Delta_{comb}H(C_xH_yO_z) = \nu(C_xH_yO_z)\Delta_f H°(C_xH_yO_z) + \nu(O_2)\Delta_f H°(O_2) + \nu(CO_2)\Delta_f H°(CO_2) + \nu(H_2O)\Delta_f H°(H_2O)$$

$\Delta_{comb}H(C_xH_yO_z) = \nu(C_xH_yO_z)\Delta_f H°(C_xH_yO_z) + \nu(O_2)\Delta_f H°(O_2) + \nu(CO_2)\Delta_f H°(CO_2) + \nu(H_2O)\Delta_f H°(H_2O)$

where $\nu(i)$ is the stoichiometric coefficient of i. Since $\Delta_f H°(C_xH_yO_z)$ and $\Delta_f H°(H_2O)$ are known (and $\Delta_f H°(O_2)$ equals zero), measurement of $\Delta_{comb}H(C_xH_yO_z)$ allows calcualtion of $\Delta_f H°(C_xH_yO_z)$.

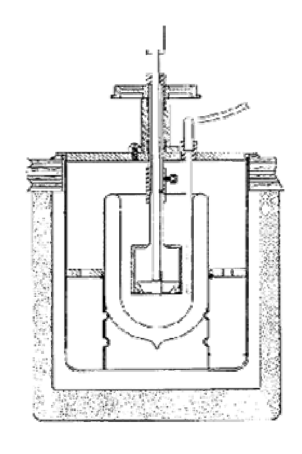
7. Other Types of Calorimeters

There are many kinds of calorimeters, each designed for measuring the heat released by a particular chemical process. Some examples include:



Flame Calorimeter :(٤٠) شكل رقم

The combustible gas is metered into the calorimeter. Temperatures of all reactants must be controlled. Since the reaction occurs at constant pressure, $\Delta_{comb}H$ is measured directly.



Solution Calorimeter :(٤١) شكل رقم

Reactants are initially separated. The temperature change is measured when they are allowed to mix. Quantities that can be determined include $\Delta_{mix}H$, $\Delta_{dilution}H$, and $\Delta_{solvation}H$.

Calorimeter design is very tricky, especially for processes involving very small energy changes, *e.g.*, protein folding, or energy changes on top of a large background, *e.g.*, excess heat from "cold fusion". Heat leaks must be minimized, and all other heat generating processes must be accounted for.

التقدير غير المباشر لطاقة المواد وتحويلاتها
The indirect estimation of heat from material transformations

يشمل التقدير المباشر للحرارة الناتجة من اكسدة الغذاء بواسطة الحيوان استخدام الاجهزة المتخصصة اما الطرق غير المباشرة فلا تقدير للحرارة مباشرة ، وهذه الطرق تشمل تقدير مقدار الاكسجين المستهلك بواسطة الحيوان وبمقدار ثانى اكسيد الكربون الناتج والنيتروجين المفرز فى البول ومن ذلك يمكن حساب الطاقة الناتجة ، وهذه الطرق مناسبة للـ short-term observation of metabolism ٠

Bond energies : طاقة الروابط

من الواضح ان حرارة انقسام جزئى معقد لمكوناته الذرية ولابد ان تساوى طاقة الروابط التى تربط الذرات فى الجزئ معا ، ويمكن حساب حرارة الحرق من تركيب المادة وحرارة تكوينها من مكوناتها العنصرية او الذرية ، والطرق المستخدمة امتداد لقانون Hess فاذا عرف التركيب الكيماوى للمادة فحرارة تكوينها وحرارة حرقها ممكن تقديرها من الطاقة المعروفة للروابط الكيماوية المحتوية عليها ، وهذه الطريقه اكتشفها linus pauling ٠

وقد وجد أن طاقة الروابط الكيماوية للروابط البسيطه مثل C = C او c – H قيم متوسطة وبالنسبة الى التراكيب المترددة مثل حلقة البنزين ، مجموعة الكربوكسيل او مجموعة الاميد فان المركبات المحتوية هذه المجاميع لها طاقة عالية مقارنة بالطاقة المتوقعة من طاقة الروابط بمفردها ٠ ويجب عمل تصحيح للتردد حيث التباين بين القيم المحسوبة والملاحظة لا يتعدى ٠.٠١ % من القيمة الحقيقية ٠ والافضل حالياً ان نستنتج حرارة تكوين الجزيئات من اعتبارات الطول وزوايا الروابط الكيماوية من هندسة الجزيئات ٠ ومن المعروف انه يوجد علاقة قوية بين التركيب الجزئى وحرارة تكوينة وحرارة حرقة ولا يمكن حساب حرارة التكوين والحرق بدقة بواسطة معرفة عدد مختلف انواع الزرات المكونة للجزئى فقط بل من الضرورى معرفة التركيب بدقة ٠

The physiological approach : الطرق الفسيولوجية للتقدير

لا تتضمن الطرق الفسيولوجية التقليدية لتقدير الحرارة من التركيب الكيماوى الاعتبارات المفصله للتركيب الجزئى ، على عكس ذلك فان حرارة الحرق ممكن حسابها فقط من التركيب العنصرى الأولى للمادة ٠

ويعتمد الطرق الفسيولوجية على ان الجسم يتكون من ٣ مركبات كيماوية اساسية يتم اكسدتها وهى كربوهيدرات – دهن – بروتين ، وتبنى الحسابات على اساس الاكسجين المستهلك وكمية ك أ٢ ، النيتروجين المفرز بواسطة الحيوان عند اكسدة هذه المركبات الثلاث ، ويطلق على النسبة بين حجمى ك أ٢ النالتج الى أ٢ المستهلك النسبة التنفسية respiratory quotient (R.Q) وهى تختلف عند أكسدة المركبات الكيماوية الثلاث ، وتعتمد تقدير الطاقة على الاقسام الرئيسية للمركبات الكيميائية المؤكسدة فى الجسم والتى لا تحتوى نتروجين (كربوايدرات ودهون) المثال التالى اكسدة الكربوهيدرات (جلوكوز) ، الدهون (حمض بالمتيك) فى الجسم ٠

G – Glucose $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$ -------- $6\ CO_2 + 6\ H_2O$

$- H_c = 673.0$ Kcal.

P - Palmitic acid $CH_3\ (CH_2)14\ COOH + 23\ O_2$ ------ $16\ CO_2 + 16\ H_2O$

$- H_c = 2398.4$ Kcal.

جدول رقم (٥٣): كمية أ٢ المستهلك ، ك أ٢ والحرارة الناتجة ممكن كتابتها فى المعادلات التالية :

Compound	Moles O_2 Consumed (X)	Moles Co2 Produced (Y)	Heat Envolved (- Hc)	Molar ratio of CO2 to O2 = Respiratory Quotient
Glucose	6 X	6 Y	673.0	1.0
Palmitic acid	23 X	16 Y	2398.4	0.7

ولحساب المعادلة العامة لتقدير Hc يكون حاصل ضرب المعادلة الأولي × ١٦ او حاصل ضرب المعادلة اللثانية × ٦ :

$- Hc = 25.91\ CO_2$ Produced (moles) $+ 86.25\ O_2$ consumed (moles)

هذه المعادلة تأخذ الكربوهيدرات الاخرى او الاحماض الدهنية الاخرى او الدهون كنقطة بداية ويمكن بذلك حساب H_c لاى مخلوط من اثنين من المركبات المختارة وذلك بواسطة معرفة الاوكسجين (O_2)المستهلك ، ثانى اكسيد الكربون CO_2 الناتج من خلال عمليات الاكسدة للمركبات، وتوجد جداول تبين قيم حرارة احتراق المركبات الموجودة فى الغذاء بواسطة Bomb calometery بحساب كمية الحرارة الناتجة من الاحتراق للمركب محسوبة من كمية أ٢ المستهلك ، كمية ك أ٢ الناتجة من احتراقها وذلك باستعمال المعادلة وباتخاذ الجلوكوز وحمض البالمتيك reference وقد وجد فى حالة سعرات البنتوزات والهكسوزات البسيطة والسكرات الثنائية والثلاثية ان خطأ تقدير حرارة الاحتراق بسيطة اقل من ٠.٥% بينما السكرات العديدة مثل النشا والسليلوز فيكون حرارة احتراقها Underestimated by 60% وهذا فرق محسوس جداً ٠

بالنسبة للاحماض الدهنية ذات طول سلسلة اقل من البالمتيك فان حرارة الاحتراق تكون Overestimated وهذا التناقض اكبر من ٢% فقط فى حالة الاحماض الاقل من ٤ ذرات كربون ، وعدم التشبع للاحماض تؤدى الى overestimation of its calorific value الاخطاء البسيطة فى الاتجاه العكسى تحدث مع الاحماض الدهنية ذات سلسلة اكبر من البالمتيك وفى حالة الكميات البسيطة للغذاء فان حرارة الحرق للجليسرول تكون underestimated وبالنسبة للاحماض الثنائية الكربوكسيل المشبعة overestimated saturated dicarlioxulic acids ومدى the overestimation يقل بزيادة حجم الجزئى ٠ كما ان عدم التشبع يؤدى الى اخطاء كثيرة ، واى محاولة للتنبأ بحرارة احتراق المركبات بواسطة معرفة فقط ك أ٢ المستهلك فى عملية الاكسدة سواء بواسطة الحيوانات او invitro لا تتم وذلك لسبب بسيط لان هذا يؤدى الى تجاهل فى التركيب الهندسى للمركبات ، وحتى الآن فان الخطأ فى تقدير الحرارة من حجم ك أ٢ الناتج وحجم أ٢ المستهلك بواسطة الحيوان الذى يتغذى غذاء طبيعى ليس كبير كما هو متوقع ، حيث molecular species وتكون الاخطاء اكبر من مكونات الغذاء الصغرى ٠

ويمكن تقليل الاخطاء باختيار سليم للمواد القياسية reference substances وبالنسبة للكربوهيدرات والدهون فمن الممكن اختيار ٢ ممثلين عنهما لتمثلا المواد عند هدمها :

١- عند تقدير الحرارة الناتجة من عجل رضيع يتغذى على اللبن فان the reference carbohydrate تكون سكر اللاكتوز ، كذلك the reference fatty acid يكون واحد من الاحماض ذات طول سلسلة اقصر من ١٨ ذرة كربون وذلك بسبب العدد الكبير للاحماض الدهنية ذات السلسلة القصيرة فى دهن اللبن ٠

٢- بالنسبة للمجترات الكبيرة السن ، فان the reference carbohydrate يكون النشا او السيليوز وممكن فى حالة الاحماض الدهنية استخدام حمض سيتاريك او بالمتيك بدون خطأ كبير ٠

٣- فى بعض الحالات مثل التجارب التى بها حمض الخليك هو المصدر الوحيد للطاقة فلا يوجد خطأ اذا اهمل حساب ك أ٢ الناتج من الاكسدة ويكون الحساب على اساس ان كل مول اوكسجين مستهلك يرتبط مع انتاج 105 Kcal حرارة ٠ وتعتبر كل حالة منفصلة عن الاخرى ويفضل استخدام الاحماض الدهنية عن مخلوط الجلسريدات الثلاثية لدهن الجسم كمصدر للطاقة حيث حرارة الاحتراق لها صغيرة بدرجة عير كافية لاستخدامها فى التقدير ٠

جدول رقم (٥٤): The heat of combustion of compounds of C, H and O likely to be present in food, and the prediction of their heats of consumed from the amounts of CO2 produced and consumed in their combustion

Compound	Determined heat of combustion (Kcal/mole)	Calculated heat of combustion (Kcal/mole*)	Calculated / Determined x 100
Carbohydrates			
Xylose	561.5	560.8	99.9
Glucose	673.0	673.0	100.0
Galactose	670.7	673.0	100.3
Fructose	675.6	673.0	99.6
Sucrose	1349.6	1345.9	99.7
Lactose	1350.8	1345.9	99.6
Maltose	1350.2	1345.9	99.7
Raffinose	2025.5	2018.9	99.7
Glycogen (/ g)	4.116	3.913	95.0
Starch (/ g)	4.179	3.913	93.6
Cellulose (/ g)	4.181	3.913	93.6
Fatty acids			
C_1 formic	65.1	69.1	106.1
C_2 acetic	209.4	224.3	107.1
C_3 propionic	367.2	379.6	103.2
C_4 n-butric	524.3	534.9	102.0
C_5 n-valeric	681.6	690.2	101.3
C_6 caprioc	831.0	845.5	101.7
C_{12} lauric	1771.7	1777.2	100.3
C_{14} myristic	2085.8	2087.7	100.1
C_{16} palmitic	2398.4	2398.4	100.0
C_{18} stearic	2711.8	2708.9	99.9
C_{22} arachidic	3025.9	3019.6	99.8
C_{22} behenic	3338.4	3330.1	99.8
C_{18} oleic	2657.0	2665.8	100.3
Poly alcohols Glycerol	397.0	379.6	95.6
Dicarboxylic acids (saturated)			
Oxalic acid	60.2	94.9	157.6
Succinic acid	357.1	405.5	113.6
Glutaric acid	514.9	560.8	108.9

* Using as reference substances glucose and palmitic acid. (See equation page 16).

The oxidation of protein :

يختص الجزء الثانى من المناقشة الفسيولوجية بتقدير حرارة احتراق الغذاء من نواتج الحرق واستهلاك الاوكسجين المختص بتقدير الحرارة المرتبطة بهدم البروتين والمركبات الاخرى المحتوية على نيتروجين وكمثال لذلك اكسدة حامض امينى الانين ، وحرارة احتراق الاحماض الامينية تمثل اكسدتها كاملاً الى ك أ٢ + ماء + غاز نيتروجين فى الجسم ولا يتأكسد النيتروجين كاملاً ويفرز غالباً على صورة يوريا ، وحرارة التفاعل ممكن تقديرها بواسطة قانون Hess حيث الاحماض الامينية لا تتأكسد كلية ٠

مثال : الالآنين كمثال للأحماض الامينية من اكسدتها اكسدة كاملة ٠

$$4\,CH_3 - \underset{\substack{|\\ NH_2}}{CH} - CooH + 15\,O_2 \text{ ------ } 12\,CO_2 + 14\,H_2O + 2\,N_2$$

- Hc/mole alanine = 387.7 Kcal (1550.8 / 4 = 387.7) .

اليوريا عند الاكسدة الكاملة ٠

$$2\,Co\,(NH_2)_2 + 3\,O_2 \text{ ------ } 2\,CO_2 + 4\,H_2O + 2\,N_2$$

- Hc/mole Urea = 151.6 Kcal (303.2 / 2mole = 151.6) .

بالطرح ينتج حرارة اكسدة الالآنين الى ك أ٢ + يد ٢ أ + يوريا ٠

$$4\,CH_3CH\,(NH_2)\,CooH + 12\,O_2 \text{ -------- } 10\,CO_2 + 10\,H_2O + 2\,CO\begin{matrix} \diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2 \end{matrix}$$

- Hc/mole alanine = 311.9 (1550.8-303.2 = 1247.6 / 4=311.9)

Then 1247.6 + 303.2 = 1550.8 Kcal.

Constant heat summation = hess low .

Incomplete oxidation of carbohydrate :

١- استنتاج الـ Factors لحساب الحرارة من التبادل الغازى وافراز النتروجين فى البول كجزء من افراز اليوريا والاكسدة اذا كانت كاملة تنتهى بتكوين ك أ٢ + يد٢ أ ٠

٢- فى حالة المجترات تتم العمليات المعقدة لهدم الكربوهيدرات حيث المراحل الأولية بكتيرية وينتج الميثان بكميات كبيرة تعادل 40 litre/Kg dry food eaten فى المتوسط ٠

٣- توجد طرق مشابهة تختص بـ the incomplete oxidation لنيتروجين البروتينات لعمل تصحيح للأكسدة غير الكاملة the incomplete oxidation وهذا التصحيح صغير ويشمل خصم 0.5 Kcal / litre methane .

٤- فى حالة الحرق غير الكامل Incomplete oxidation يظهر حالة Ketosis فى الحيوانات وبمعرفة كميات المفرزة aceto-acetic acid, B-hydroxy-butyric acid and acetone تضاف عامل تصحيح آخر للمعادلة الآتية :

Heat produced (Kcal) = O2 consumed (Littres) + CO2 produced (Littres) - Nexoreted In unine (g) – CH4 produced

٥- فى حالة الاغراض العلمية فان الفقد الحرارى يقدر بضرب أ٢ المستهلك (لتر) × ٤.٨ = الحرارة المنتجة Kcal باهمال كلا من ك أ٢ المفقود والنتروجين المفرز ٠

Synthesis :

من الممكن ان يؤثر الانسان والحيوان على التكوين الصافى للمواد الجديدة فالحيوان يكون دهن الجسم من الكربوهيدرات الموجودة فى الغذاء وأيضاً تكوين البالمتيك من الجلكوز حيث تتكون الاحماض الدهنية تدريجياً من 2 carbon fragments (acetyl COA) ومن المعروف ان جزئ واحد من الجلوكوز ينتج 2 – carbon fragments

$$8\,C_6H_{12}O_6 + 25\,O_2 \text{ ------ } CH_3\,(CH_2)_{14}\,CooH \longrightarrow 32\,CO_2 + 32\,H_2O$$

وحرارة هذا التفاعل H = 2986 Kcal - واذا استخدمت العادلة 25.91 Kcal/mole CO2 + 86.25 Kcal/mole O2 فان الحرارة المحسوبة بهذين العاملين تكون 2986 Kcal وهى نفس القيمة السابقة بالضبط٠

$$25.91 \times 32 + 86.25 \times 25 = 2982.37\ .$$

وقد استخدمت عدة تجارب لايجاد قياس مباشر للحرارة مثل التبادل الغازى فى المحتويات التى تكون دهن والعامل المستخدم لـ ك أ٢ ٠

(1.1 and 1.3 Kcal/Litre Co2 produced in different experiments)

وواضح انه باستخدم الثوابت فى تكوين الدهن فسوف تختلف حسب تركيب الاحماض الامنية والاهم من ذلك تكوين المركبات المعقدة مثل الستيرولات والبورفويرين.٠

ك أ٢ الناتج

ويجب معرفة ان نسبة : ــــ = النسبة التنفسية (R.Q) وتستخدم للعمليات التمثيلية فى الجسم٠

أ٢ المستهلك

وبالنسبة الى الهدم والاكسدة الكاملة فى حالة المركبات المحتوية كربون وايدروجين واكسجين فيستخدم الاوكسجين المستهلك و ك أ٢ الناتج فى الاكسدة الجزئية للاحماض الامينية وتكون حرارة التفاعل Overstimated بمقدار ٤% بالنسبة لحمض الالانين ، ٦% لحمض الجلوتاميك والقيم الاخرى ٦% للجليسين ، ٧% حمض الليوسين والايزوليوسين ، وهذه النسب تعتبر اخطاء والتصحيح ممكن على اساس المحتوى النتروجينى وفى حالة اكسدة الحمض الامينى فان الفروق بين الحرارة المحسوبة والحرارة المقدرة 0.828 Kcal/gm nitrogen ٠

وبالتالى فان حرارة أكسدة الحمض الامينى فى الجسم الى ك أ٢ + يد٢ أ + يوريا ممكن حسابها من المعادلة الآتية :

Heat Produced	= 25.91 X moles CO_2 prod.	+ 86.25 X moles O_2 Consumed	- 0.828 gm N exerted as urea.

وبذلك تصبح المعادلة العامة :

Heat produced =	a O_2 consumed (litres)	+ b CO_2 produced (litres)	- c N excreted in Urine (g)	- d CH4 product (litres)

والنسبة التنفسية R.Q اذا كانت 0.7 فهى تعنى اكسدة الدهن بمفردة ، اذا كانت ١٠٥ فهى اكسدة للكربوهيدرات واذا كانت اكبر من ١٠٥ فهى تعنى تكوين الدهن من الكربوهيدرات ، واذا استخدم الجلوكوز كبداية لتكوين الدهن فان R.Q لا يمكن ان تزيد اكثر من ١.٣ ٠

وقد وجد ان القيمة اذا كانت زيادة عن ١.٤ فهى وجدت فى حالة تغذية marmots على غذاء به كميات كبيرة من الكربوهيدرات قبل البيات الشتوى winter hibernation ، وفى حالة الاوز عند تزغيطة بالكربوهيدرات لانتاج الكبد الدهنى Fatty livers حيث .Culinary base of pate de foie gras والمعلومات بسيطة فى حالة الميتابوليزم عند هذه الدرجة العالية من R.Q ٠ والقيم العالية لا يمكن تفسيرها فى حالة الاحماض الدهنية غير المشبعة المتكونة او الطويلة السلسلة ، ولكن من الممكن تفسيرها اذا كان تكوين الدهن من الكربوهيدرات فى ادنى درجة فى الجسم كله ٠

Computation of heat from body retentions :

اذا كانت حرارة احتراق العناصر الغذائية الممتصه بواسطة الحيوان معروفة وحرارة احتراق مكونات الجسم المخزنه او المفقودة ممكن تقديرها فتكون الفروق فى تقدير حرارة التفاعل الكلية بها اختلاف بسيط ، فهذه التقديرات غير المباشرة للطاقة الناتجة تسمى ميزان الازوت والكربون ، وممكن استخدامها لتقدير قيم الطاقة الحرارية للمواد المخزنه او المفقودة من الجسم ٠

تعتبر طريقة ميزان الكربون والازوت واحدة من اقدم الطرق غير المباشرة وقد استطاع Maximilion II of Bavaria and Pettenkfer and Voit تصميم أول جهاز سنة ١٨٦٦ لتقدير ميزان الازوت والكربون على الانسان ، وفى نفس الوقت قدم Grouven جهاز مماثل للحيوانات المزرعية حيث قدر الموازين الكلية للكربون والنتروجين والهيدروجين والاوكسجين ، واساس الطريقة هو افتراض ان المواد الموجودة فى الجسم تتركب اما من دهن او بروتين ، وان البروتين المخزن ممكن تقديره من النتروجين المحتجز واذا كان جزء من الكربون الكلى المخزن يخزن على صورة بروتين فيتم طرحه والباقى يمثل الكربون المخزن على صورة دهن ٠

وهذا الافتراض ليس حقيقى ولكنة تقريبى ، المواد المحتجزة فى الجسم لا تتركب من جلسريدات ثلاثية وبروتين فى تركيبة ثابتة ولكن تتكون مركبات كثيرة معقده منها الجليكوجين والاستيرولات والاحماض النووية ، phospholipins معا مع عديد من الجلسريدات الثلاثيه وبروتينات وهذا النظام المعقد لمود تحتوى نيروجين او خاليه من النيتروجين ، وقد توجد عوامل مشابهة تستخدم لتقدير الحرارة أوالطاقة من التبادل الغازى ولكن مع ملاحظة انه لا يمكن الوصول الى الدقة المطلقة ،

والقيمة المستخدمة لتقدير الطاقة المخزنة او المحتجزة من الكربون والنيتروجين المحتجز فهى عادة مبنية على اساس تحليل العضلات والدهون المخزنة ، وقد اجريت عدة تجارب تحاليل بواسطة Franke and Weniger (1958) واثبتت وجود اختلافات بسيطة جداً للغاية فى تركيب Fat-free muscle من نوع لآخر مثال :

heat of combustion, Kcal/g	C %	N %	
5.554	51.08	16	Dried cattle muscle
5.527	50.9	15.03	Dried Horse muscle

ومع ذلك فان اختلاف تركيب الدهن يكون فى مدى واسع ويعتمد على مصادره الاصليه its origin وقد وجد Cuthbertson ان حرارة احتراق دهن جسم الانسان تختلف من ٨.٨٨ الى ٩.٥٢ كيلو كالورى / جم طبقاً لمصادرة ، ومحتوى الكربون فى الدهن تختلف قليلاً عن ٧٦.٥% ٠

وعند استخدام Factors على اساس تركيب العضلات والدهن المخزن لحساب حرارة الاحتراق الانسجة المختلفة فالقيم المحسوبة المتحصل عليها ممكن اختلافها كثيراً من القيم المقدرة ولهذا السبب فان Rook and I قد اتخذ المجال الاحصائى حيث حرارة الاحتراق لمختلف الانسجة لها علاقة بمحتواها من الكربون والنتروجين والمعادلة الآتية تنص على ذلك :

$$\underset{\text{Retained}}{\text{Kcal energy}} = 12.55 \times \underset{\text{retained}}{gC} - 6.90 \times \underset{\text{retained}}{gN}$$

وهذ المعادلة الأقرب منطقياً لتقدير energy retention والـ Factors المستخدمة لاتختلف كثيراً عن المتحصل عليها من Purified fat and fat extracted muscle ، والخطأ فى تطبيق هذه المعادلة لا يتعدى ١% فيما عدا فى حالة تغير محتوى الجليوجين فى الجسم بسرعة ٠

Comparision of the direct and indirect methods:

اتضح بدرجة كافية ان التقدير غير المباشر للإنتاج الحرارى فى الحيوان غير مضبوطه وليس ادق طريقة حيث انها تهمل الترتيب او الشكل الجزئى (ترتيب الجزيئات) وتختص بطاقتها فى صورة تركيبها العنصرى والاخطاء عموماً صغيرة وفى حالة مخاليط الاغذية الغريبة فان الطرق غير المباشر تعطى قيم تماثل تقريباً القيم المقدرة بالطرق المباشرة ولاثبات ذلك تجرى تجارب تستخدم الطريقتين فى نفس الوقت ، ويجب توضيح ان كلاً التقدير المباشر للحرارة وتقدير كميات CO_2 الناتج ، O_2 المستهلك تخضع للخطأ التجريبى لتقدير الخطأ التجريبى ، وقد وجد فى كثير من الابحاث على الحيوانات الكبيره ان آن الفرق لايتعدى 1 % ± : 0.5 % ± وهذا مفيد عملياً ٠

واول مقارنة تاريخية اجريت كانت بواسطة Rubber (1894) وكانت discrepancy % بين الطريقة المباشرة وغير المباشرة (المقدرة عن طريق ميتابوليزم الكربون والازوت) تتحصر بين :

جدول رقم (٥٥) :

Food given	Kcal heat measured	Est. From metabolic	% discrepancy
Fasting	1305	1296	- 0.7
Fasting	1091	1057	- 3.1
Fat diet	1498	1510	+0.8
Meat and fat diet	3958	3985	+0.7
Meat diet	4769	4781	0.3

وقد استخدمت هذه التجارب القانون الأول Thermodyanmcis على الكائنات الحية وقد ذكر Benedict and Lee بأنه لا ينصح باستخدام اى طرق مباشرة حيث أن تقدير الانتاج الحرارى بواسطة الطرق غير المباشرة indirect calorimetry تكون دقيقة بدرجة كافية لكل اغراض البحث العملى ٠ بينما اكدت تجارب Armsby and fries ان الطريقتين تعطى نفس النتائج بالنسبة للماشية ، وقد اجريت تجارب مقارنة بين طريقتين غير مباشرة وهى تقدير الانتاج الحرارى عن طريق البتادل الغازى (ك أ ٢) المنتج ، أ ٢ المستهلك) وعن طريق ميزان الازوت والكربون وقد وجد توافق بينهما ٠

النسبة التنفسية : Respiratory quiont (R.Q)

هى النسبة بين حجم CO_2 الناتج اثناء التنفس الى حجم O_2 المستهلك ٠

حجم ك أ ٢ الناتج اثناء التنفس

النسبة التنفسية R.Q = ـــــــ

حجم أ٢ المستهلك

بالنسبة للكربوهيدرات :

ويمثلها الوحدة جلولكوز $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \text{-------} 6\ CO_2 + 6\ H_2O + Heat$

$$R.Q. = \frac{6\ CO_2}{6\ O_2} = \frac{6 \times 22.4 \text{ Litre}}{6 \times 22.4 \text{ Litre}} = 1$$

بالنسبة للدهون :

$CH_2\ (C_{17}H_{33})_3\ CooH + 80\ O_2 \text{-----} 57\ CO_2 + 52\ H_2O + Heat$

يمثلها الوحدة الكوليسترول ثلاثى الأوليك

$$R.Q. = \frac{57CO_2}{80\ O_2} = 0.712$$

المتوسط = ٠.٧

بالنسبة للبروتين :

$Albumin + 77\ O_2 \text{-------------} 63\ CO_2 + \text{----------------------}$

ويمثلها الوحدة الألبيومين ٠

$$R.Q. = \frac{63\ CO_2}{77\ O_2} = 0.818$$

ملحوظة : حساب النسبة التنفسية لاكسدة البروتين الحيوانى فى الجسم لا يستند على اساس اكيد لان تأكسد البروتين فى الجسم ليس كاملاً والجزء الامينى يتحول الى يوريا ويخرج مع البول وعموماً يعتبر متوسط النسبة البروتين = ٠.٨ ٠

حالات خاصة :

١- النسبة التنفسية اثناء تنفس الحيوان فمدة معينة تعطى فكرة تقريبية عن نوع المواد الغذائية المؤكدة فاذا كانت قريبة من الوحدة تدل على حالة تأكسد الكربوهيدرات واذا قاربت ٠.٧ يكون غالبية المواد المؤكسده من الدهون ٠

٢- فى حالة التسمين الشديد على الكربوهيدرات يتكون دهون (فقيرة فى أ٢) من الكربوهيدرات (غنيه فى أ٢) ويتبع ذلك خروج الاوكسجين الذى يستخدم فى حرق الاغذية الاخرى ، وبقليل من استخدام الاوكسجين الداخل فى التنفس وفى هذه الحالة تزيد النسبة التنفسية عن الوحدة ٠

٣- تكون النسبة اقل من ٠.٧ عندما تكون كربوهيدرات من الدهون وذلك عند صيام الضفادع فى البيات الشتوى ٠

٤- تم عمل جداول Zunts and Shomberg لكل نسب النسبة التنفسية من ٠.٧ حتى الوحدة لخليط من الكربوهيدرات والدهون فقط وما يقابل كل لتر اكسجين استخدم فى اكسدتها من الحرارة المنطلقة ، وهذا الجدول يبين مقدار مايؤكسدة لتر أ٢ من المركبات المختلفة ومقدار الطاقة المنطلقة :

فى جدول رقم (٥٦) :

المركب	المادة المؤكسدة (جم)	ك أ٢ الناتج (لتر)	الحرارة الناتجة (كيلو كالورى / لتر من الأوكسجين)
كربوهيدرات	١.٢	١	٤.٤٦
بروتين	١.٠	٠.٨	٥.٠٤
دهن	٠.٥	٠.٧	٩.٥

أمثلة :

المثال الأول :

اذا علم ان متوسط الازوت البولى لحيوان ٠.٣٣ جم فى الساعة ومتوسط أ٢ المستهلك ١٣.٧٥ لتر ، ك أ٢ الناتج ١١.٥٥ لتر ، احسب من ذلك كمية البروتين والكربوهيدرات والدهون المؤكسدة وكذلك كمية الحرارة المنطقة لهذا الحيوان فى مدة ساعة ٠

الحل :

كمية البروتين المستهلك = ٠.٣٣ × ٦ = ١.٩٨ جرام ٠
كمية الاوكسجين المؤكسد للبروتين = ١.٩٨ × ١ = ١.٩٨ لتر ٠
كمية ك أ٢ المؤكسد للبروتين = ١.٩٨ × ٠.٨ = ١.٥٨ لتر ٠
كمية أ٢ اللازم لاكسدة المواد غير الأزوتية = ١٣.٧٥ – ١.٩٨ = ١١.٧٧ لتر ٠
كمية ك أ٢ الناتج من الاكسدة = ١١.٥٥ – ١.٥٨ = ٩.٩٧ لتر ٠
بفرض ان حجم أ٢ اللازم لاكسدة الكربوهيدرات = س لتر ٠
بفرض ان حجم ك أ٢ الناتج من اكسدة الكربوهيدرات = س لتر ٠
حجم أ٢ المتبقى لاكسدة الدهون = (١١.٧٧ – س) لتر ٠
حجم ك أ٢ الناتج من اكسدة الدهون = (٩.٩٧ – س) لتر ٠

النسبة التنفسية للدهون = (٩.٩٧ – س) / (١١.٧٧ – س) = ٠.٧

س = ٥.٨٠ لتر ٠
حجم أ٢ اللازم لاكسدة الكربوهيدرات = ٥.٨ لتر ٠
حجم أ٢ اللازم لاكسدة الدهـون = ١١.٧٧ – ٥.٨ = ٥.٩٧ لتر ٠
كمية الكربوهيدرات المؤكسدة = ٥.٨ × ١.٢ = ٦.٩٦ جم ٠
كمية الدهن المؤكسد = ٥.٩٧ × ٠.٥ = ٢.٩٨٥ جم ٠
كمية اللحرارة المنطلقة = ١.٩٨ × ٥.٠٤ + ٥.٨ × ٤.٤٦ + ٥.٩٧ × ٩.٥ = ٦٦.٢ كيلو كالورى ٠

المثال الثانى :

حيوان وزنة ١٢.٣ كجم ، متوسط الازوت البولى المفرز فى الساعة = ٠.٣٧ جم / ساعة ، ومتوسط أ٢ المستهلك فى الساعة = ٦.١٥ جم او ٤.٣١ لتر ، ك أ٢ الناتج = ٥.٥ جم أو ٣.٨٢ لتر احسب الحرارة الكلية المنطقلة لهذا الحيوان فى الساعة ٠

الحـل :

معروف ان ١ جم أزوت مفرز فى البول ينتج عنه ٤.٧٥ لتر ك أ٢ ٠
مستهلك ٥.٩٤ لتر أ٢ ٠
وينطلق ٢٦.٥١ كالورى ٠ (Y)
فيكون الناتج من تمثيل النتروجين (٠.٣٧ جم / ساعة) فى هذه التجربة كالآتى :
ك أ٢ الناتج = ٠.٣٧ × ٤.٧٥ = ٠.١٨ لتر ٠
أ٢ المستهلك = ٠.٠٣٧ × ٥.٩٤ = ٠.٢٢ لتر ٠
كالـورى = ٠.٠٣٧ × ٢٦.٥١ = ٠.٩٨ كالورى ٠ (Y)
الناتج من تمثيل الكربوهيدرات والدهون :
ك أ٢ الناتج = ٣.٨٢ – ٠.١٨ = ٣.٦٤ لتر ٠
أ٢ المستهلك = ٤.٣١ – ٠.٢٢ = ٤.٠٩ لتر ٠

R.Q للمخلوط = ٣.٦٤ / ٤.٠٩ = ٠.٩٠

ولحساب الحرارة الكلية المنطقلة لكل لتر اكسجين مستهلك تستخدم المعادلة التالية :
الحرارة المنطلقة لكل لتر اكسجين مستهلك =

$$Cal / O_2 \text{ consumed (L.)} = 4.686 + 1.232 \; (R.Q - 0.707)$$
$$Cal / O_2 \text{ consumed (L.)} = 4.686 + 1.232 \; (0.9 - 0.707) = 4.924$$

(×) عدد كالورى الناتج من حرق ٤.٠٩ لتر أ٢ = ٤.٠٩ × ٤.٩٢٤ = ٢٠.٠٩ كالورى ٠
الحرارة الكلية = (×) + (Y) ٠

٢٠.٠٩ + ٠.٩٨ = ٢١.٠٨ ٠

حل آخر : ٣.٨٢
R.Q = ـــ = ٠.٨٨٦
٤.٣١

E.E of 1 L. of O2 = 4.686 + 1.232 (0.886 – 0.707) = 4.91

الحرارة الكلية = ٤.٩١ × ٤.٣١ = ٢١.١٢ كالورى ٠

المثال الثالث :

احسب الطاقة الحرارية (المجهود الصافى على صورة حرارة) من ميزان الأزوت والكربون التالى :

	ميزان الازوت	ميزان الكربون
الدخل فى الغذاء جم	١٩٠	٥٥٩٦.٥
الخرج		
فى الروث	١٠٠	١٦٠٠
فى البول جم	٨٠	٢٠٠
فى التنفس جم	–	٣٠٠٠
الميزان جم	+ ١٠	٧٩٦.٥

ميزان الازوت الموجب يدل على تكوين لحجم جاف خال من الرماد والدهن = ٦ × ١٠ = ٦٠ جم

٦٠ × ٥٢.٥
يحتوى البورتين على ٥٢.٥% ك فتكون كمية كربون البروتين = ـــ = ٣١.٥ جم
١٠٠

(ميزان الكربون = محتوى البروتين والدهون والكربوهيدرات من الكربون ، ويهمل كربون الكربوهيدرات لقلته حيث لا يتعدى ١% فى الجسم) ٠

ميزان كربون الدهن = ٧٩٦.٥ – ٣١.٥ = ٧٦٥ جم ٠

الدهن الجاف الخالى من الرماد يحتوى على ٧٦.٥ % ك ٠

٧٦٥ × ١٠٠
كمية الدهن المتكون فى الميزان = ـــ = ١٠٠٠ جم
٧٦.٥

فى هذا المثال ميزان الازوت والكربون موجبين فتكون بروتين ودهن وفى حالات اخرى قد يكون ميزان الازوت سالب وميزان الكربون الكلى موجب فلو كان ميزان الازوت اليومى – ١٠جم ازوت والكربون الكلى ٧٣٣.٥جم٠

١٠ × ٦ × ٥٢.٥
فان ميزان كربون الدهن = ٧٣٣.٥ + ـــــ = ٧٦٥ جم
١٠٠

ويكون الدهن المتكون = ١٠٠٠ جم ٠

وهذا يحدث اذا كان بروتين الغذاء لا يسد احتياج الحيوان من البروتين اللازم وكان الغذاء يحتوى كمية عالية من المركبات غير الازوتية ، وبين الميزان ان الحيوان يفقد بروتينا وفى الوقت نفسه قد يزداد وزنة لزيادة تكون الدهن به٠

وهذا غير مرغوب فيه ، وفى نفس التغذية العادية يكون الازوت موجب او محايد على الاقل ، وقد يكون ميزانى الازوت والكربون سالبين عند صيام الحيوان ويدل ذلك على هدم البروتين والدهن ايضاً ٠

كل ١ جم بروتين يكون ٥.٧ كيلو كالورى وان كل جم دهن ينتج ٩.٥ كيلو كالورى عند الاحتراق ٠

فيكون الطاقة الحرارية (المجهود الصافى على صورة حرارة) =

٦٠ × ٥.٧ + ١٠٠٠ × ٩.٥ = ٩٨٤٢ كيلو كالورى ٠

وبالنسبة للطاقة الحرارية يمكن حسابها من معادلتي ابورية – أسامة الحسينى او معادلة بلاكستر:

كان ميزان الازوت موجب $E = 12.42\ C - 4.92\ N$

اذا كان ميزان الازوت سالب $E = 12.42\ C - 39.12\ N$

معادلة بلاكستر Blaxter $E = 12.55\ C - 6.9\ N$

مقاييس الأغذية (*)

مقدمة:

تقيم مادة العلف من خلال ما تحتويه من البروتين والطاقة . ورغم ذلك هناك مواد علف تقيم غذائيا من خلال محتواها من المادة المعدنية أو بعض المثبطات الغذائية Anti-nutritional Factors والغرض من تقييم الاغذية أم مواد العلف هو إيجاد وسيلة لمقارنة فعل هذه الأغذية علي الحيوان وتاثيرها علي الانتاج.

بعض الطرق المتبعة لتقيم مواد العلف طبقاً لمحتواها من المركبات الغذائية أو محتواها من المادة العضوية:

أولاً : مقياس معادل النشا (مقياس كلنر) Starch Value (Starch Equivalent) : Kellner

تعريفه :

هو عبارة عن عدد كيلو جرامات النشا التي تنتج دهنا في احيوان التام النمو مساوية لما ينتجه ١٠٠ كيلو جرام من مادة العلف المراد تقييمها.

وتعتمد نظرية كلنر علي الأساس العلمي التي الذي يفرق بين فعل الغذاء عند حفظ الحياة وفعل الغذاء عند الانتاج علي اعتبار أن:

١- أي غذاءين متساويين في القيمة الغذائية إذا أنتجا كميات متساوية من الطاقة الفسيولوجية النافعة الحقيقية اللازمة لحفظ حياة الحيوان . مع وجود النهاية الصغري للبروتين اللازم لحفظ الحياة.

٢-أي غذائين متساويين في القيمة الغذائية إذا أنتجا كميات متساوية من الدهن في جسم الحيوان التام النمو.

وقد قام Kellner باستخدام حيوانات (ثيران) تامة النمو أعطيت في البداية غذاء حافظ للحياة معلوم محتواه من الطاقة الفسيولوجية النافعة ، ثم يضاف المادة الغذائية المطلوب تقييمها وفي هذه الحالة يتكون دهن بجسم الحيوان يمكن تقديره من ميزاني النيتروجين والكربون.

ملحوظات:

أولا: كل كيلو جرام نشأ مهضوم حرارته ٤١٨٥ ك . كالوري ينتج عنه طاقة فسيولوجية نافعة قدرهى ٣٧٦١ ك. كالوري يدخل منها فيتكوين دهن ٢٣٦٠ ك. كالوري أي حوالي ٢٤٨ جم دهن ، أي أن معامل الاستفادة من الطاقة الفسيولوجية النافعة (٣٧٦١ ك، كالوري) علي صورة دهن (٢٣٦٠ك.كالوري)

$$\frac{٢٣٦٠}{٣٧٦١} = ٠.٦٣$$ وسمي هذا بمعامل الاستفادة

وإذا أخذنا كمية الدهن المتكونة من كيلو جرام نشا مهضوم (٢٤٨جرام) كوحدة لتقارن بها كمية الدهن التي تتكون من كيلو جرام بروتين مهضوم ، كيلو جرام دهن مهضوم نجد الآتي:

أ-كمية الدهن التي تتكون من كيلو جرام بروتين مهضوم = ٢٣٥ جرام

إذن مقارنة بالنشا المهضوم : $$\frac{٥.٢٣٥}{٤.١٨٢٤٨٣} = ٠.٩٤$$ كجم نشا مهضوم

ب-كذلك كمية الدهن التي تتكون من كيلو جرام دهن مهضوم نجدها تختلف تبعا لمادة العلف التي تحتوي علي هذا الدهن المهضوم :

١-الأعلاف الخشنة مثل الدريس والألبان = ٤٧٤ جرام

إذن مقارنة بالنشا المهضوم : $$\frac{٤٧٤}{٢٤٨} = 1.91$$ كجم نشا مهضوم

(*) المصدر : أحمد عنيم : كتاب القواعد والنظريات الاساسية فى تغذية الحيوان، الطبعة الثامنة ١٩٥٨، أحمد غنيم : كتاب تغذية الحيوان (المقننات الغذائية والعلائق الاقتصادية – مطبعة العلوم - القاهرة ١٩٦٧.

٢–الحبوب مثل القمح والذرة والشعير = ٥٢٦ جرام

إذن مقارنة بالنشا المهضوم : $\frac{٥٢٦}{٢٤٨}$ = ٢.١٢ كجم نشا مهضوم

٣–البذور الزيتية مثل بذور السمسم وبذور عباد الشمس – ٥٩٨ جرام

إذن مقارنة بالنشا المهضوم : $\frac{٥٩٨}{٢٤٨}$ = ٢.٤١ كجم نشا مهضوم

ثانيا : القيمة النشوية لمواد العلف الخشنة والمركزة :

من المعروف أن كمية الدهن التي تتكون داخل جسم الحيوان عند التغذية علي مادة علف معروف محتواها من المركبات الغذائية المهضومة تختلف (تقل) عن كمية الدهن المتكونه حسابيا علي أساس محتوي مادة العلف من المركبات الغذائية كما لو كانت مركبات نقية . وهذا هو الأساس في المقارنة بين القيم النشوية لمواد العلف الخشنة ومواد العلف المركزة كما يلي :

أ–في مواد العلف المركزة مثل الأكساب وجد أن هذا الفرق في الدهن المتكون يصل الي حوالي ٢% فقط.

ب–في مواد العلف الخشنة مثل الأتبان والدريس وجد أن هذا الفرق قد يصل إلي أكثر من ٣٠%

وقد علل kellner هذا الفرق الكبير نتيجة للطاقة التي يبذلها الحيوان في قضم وهضم الألياف في مواد العلف الخشنة وحملها في القناة الهضمية ، وهذه الطاقة المفقودة تخصم من الطاقة الفسيولوجية النافعة الظاهرية ليتبقي جزء الطاقة الفسيولوجية النافعة المستخدم في تكوين الدهن بالجسم .

ملحوظات:

أ–كل كيلو جرام ألياف في مواد العلف الخشنة ينتج عنه فقد في الطاقة قدره ١٣٦٠ ك . كالوري وهذا يعادل ١٤٣ جرام دهن وعند مقارنتها بكمية الدهن المتكونه من كيلو جرام من النشا المهضوم نجدها تساوي: ٢٤٨/١٤٣ أي = ٠.٥٨ كيلو جرام نشا مهضوم.

ب–بتتعيم الألياف الخشنة وصل الفقد في الطاقة الي حوالي ٧٠٠ ك. كالوري وهو ما يعادل ٧٥ جرام دهن . وعند مقارنة هذه الكمية من الدهن بتلك التي تتكون من كيلو جرام نشا مهضوم نجدها تساوي : ٢٤٨/٧٥ أي = ٠.٣٠ كيلو جرام نشا مهضوم.

وقد سمي مقياس النشا قبل خصم الطاقة المفقودة في قضم وهضم الألياف بمعادل النشا الإسمي أو الظاهري Apparent Starch Value وبعد خصم مجهود الألياف سمي معادل أو مقياس النشا الحقيقي True Starch Value.

وهناك ارتباط قوي بين معادل النشا الإسمي والحقيقي سماه Kellner معامل الغذاء المفيد ويمكن حسابه من المعادلة التالية :

معامل الغذاء المفيد : $\frac{\text{معادل النشا الحقيقي}}{\text{معادل النشا الإسمي}}$ = ١.٩١

نقد نظرية النشار لكلنر : Kellner

١– تعتبر نظرية النشا لكلنر صحيحة عند تطبيقها في حيوانات التسمين (التامة النمو) أما في حيوانات اللبن أو المنتجة للبن نجد أن بروتين الغذاء له قيمة أعلي عند تكوين اللبن لأن الجزء الأميني من البروتين لن يتأكسد ويخرج في البول لذلك أجري Hanson Nils تعديلا لنظرية النشا لكلنر Kellner بأن اعطي للبروتين المهضوم قيمة نشوية لإنتاج اللبن تعادل ١.٥ مرة قدر قيمته لإنتاج الدهن وهي ٠.٩٤ أي تصبح قيمة كيلو جرام بروتين لانتاج اللبن = ٠.٩٤ × ١.٥ = ١.٤٣ كجم نشا مهضوم.

فمثلا إذا كانت القيمة النشوية تبعا لكلنر Kellner = ٧٥% وكان محتوي الغذاء من البروتين المهضوم ٢٠% بالتالي يمكن تبعا لتعديل Hanson Nils حساب قيمة الغذاء عند انتاج اللبن = ٧٥ + (٢٠×١/٢) = ٨٥% ويطلق عليها في هذه الحالة القيمة اللبنية للغذاء.

٢- نظريـة النـشا لكلنـر أهملـت مـا يحتويـة الغـذاء مـن المركبـات النيتروجينيـة غيـر البروتينيـة (NPN)Non-Protein Nitrogen ، وهذه المركبـات لهـا قيمـة غذائيـة خاصـة فـي المجترات التـي يمكنهـا الاسـتفادة منهـا عـن طريـق بكتريـا وبروتـوزوا الكـرش وتحولهـا إلـي بـروتين حقيقـي يـستفيد بـه الحيـوان العائـل وعلـي ذلـك تزيـد القيمه النشوية للغذاء.

٣- أفتـرض Kellner أن كيلـو جـرام النـشا المهـضوم ينـتج عنـه مقـدار ثابـت مـن الـدهن داخـل الجـسم هـو ٢٤٨ جـرام . ولكـن ثبـت أن هـذه الكميـة مـن الـدهن تختلـف تبعـا لنـوع الحيـوان ، التـام النمـو كـذلك تختلـف قـدرة الكيلـو جـرام مـن البـروتين المهـضوم وكـذلك الكيلـو جـرام مـن الـدهن المهـضوم علـي انتـاج دهـن بالجـسم تبعـا لنـوع الحيوان التام النمو.

٤- افتـرض Kellner ان معامـل الاسـتفادة مـن الطاقـة الفـسيولوجية النافعـة (٣٧٦١ ك. كـالوري) علـي صـورة دهـن (٢٣٦٠ ك. كـالوري) = ٠.٦٣ وأن معامـل الاسـتفادة يظـل ثابتـا لكـل كجـم نـشا مهـضوم ، ولكـن اتـضح ان هذه القيم غير الثابته بل تختلف تبعا لمستوي التغذية كما يلي :

أ-عند التغذية تحت مستوي حفظ الحياة (صيام) يزيد معامل الاستفادة= ٩٥%

ب-عنـد التغذيـة عنـد مـستوي حفـظ الحيـاة، يبـدأ معامـل الاسـتفادة فـي الانخفـاض ليـصل الـي ٦٧% أو ٦٣%.

ج-عند التسمين : يستمر معامل الاستفادة في الانخفاض ليصل الي ٥٤% . وهكذا....

فـي التغذيـة العمليـة لا تتـرك الحيوانـات لتـصل إلـي حالـة الجـوع الـشديد ولا تـصل أيـضا إلـي حالـة التـسمين الـشديد ، لـذلك يمكـن اعتبـار معامـل الاسـتفادة الـذي قـدره Kellner وبنـي عليـه نظريتـه (٠.٦٣) صـحيحا عمليـا رغـم أن التفسير الفسيولوجي يؤكد انخفاضه بزيادة مستوي التغذية.

جدول رقم (٥٧): مثال لحساب معادل النشا الدريس كما في علف خشنة

المركب الغذائي	التحليل الكيماوي % أ	معامل الهضم % ب	مركبات مهضومة % أ×ب=ج ١٠٠	رقم التحويل د	مركبات مهضومة كليه % ج × د	معادل النشا لكل وحدة مهضومة (رقم كلنر) هـ	معامل النشا الإسمي % ج × هـ
بروتين	١٧	٧٠	١١.٩	١	١١.٩٠٠	٠.٩٤	١١.١٨٦
دهن	٣	٧٠	٢.١	٢.٢٥	٤.٧٢٥	١.٩١ (دريس)	٤.٠١١
الياف	٢٠	٣٥	٧.٠	١	٧.٠٠٠	١	٧.٠٠٠
كربوهيدرات	٤٥	٦٠	٢٧.٠	١	٢٧.٠٠	١	٢٧.٠٠
					٥٠.٦٢٥		٤٩٠١٩٧

TDN (مجموع المركبات المهضومة الكلية) للدريس = ٥٠.٦٢٥ %

S.V (معادل النشا الإسمي) للدريس = ٤٩.١٩٧%

ولحساب معادل النشا الحقيقي يحسب أولا مجهود أو خصم الألياف **كما يلي** :

الطاقـة أو المجهـود الـلازم لهـضم الأليـاف - % للأليـاف فـي التحليـل الكيمـاوي ×٠.٥٨ = ٢٠ × ٠.٥٨ = ١١.٦٠ كجم نشا.

معادل النشا الحقيقي = معادل النشا الإسمي - خصم الألياف

= ٤٩.١٩٧ - ١١.٦٠٠ = ٣٧.٥٩٧%

إذن معامل الغذاء المفيد = (معادل النشا الحقيقي ÷ معادل النشا الإسمي) × ١٠٠

= (٣٧.٥٩٧ ÷ ٤٩.١٩٧) × ١٠٠

= ٧٦.٤٢ %

كذلك يمكن حساب القيمة اللبنية للدريس = معادل النشا الاسمي+٢/١ البروتين المهضوم

= ٤٩.١٩٧ + (١١.٩×٢/١)

= ٤٩.١٩٧ + ٥.٩٥٠

= ٥٥.١٤٧%

ويلاحـظ مـن النتـائج الـسابقة تـساوي مجمـوع المركبـات المهـضومة الكليـة TDN تقريبـا مـع معـادل النـشا الاسـمي لـذلك نجد أن الـبعض يلجـأ الـي تقـدير معـادل النـشا الحقيقـي مـن الـ TDN بخـصم مجهـود هـضم الأليـاف منه مباشرة . وفي هذه الحالة تصبح النتائج **كما يلي** :

هضم الألياف = ١١.٦٠ كجم نشا

TDN = ٥٠.٦٢٥ %

معادل النشا الحقيقي(تقريبا)- ٥٠.٦٢٥ – ١١.٦٠٠ = ٣٩.٠٢٥% وهو إلي حد بعيد قريب من قيمة معادل النشا الحقيقي المحسوب بالطريقة المطولة (٣٧.٥٩٧%).

مثال لحساب الـ TDN ومعادل النشا لحبوب الشعير كمادة علف مركزة:

يجب مراعاة أن الألياف في حبوب الشعير تعتبر ألياف ناعمة وليست خشنة لذلك فإن الطاقة المفقودة لهضمها = ٠.٣ كجم نشا مهضوم لكل كيلو جرام من الألياف في الشعير.

جدول رقم (٥٨) :

المركب الغذائي	التحليل الكيماوي % أ	معامل الهضم % ب	مركبات مهضومة % أ×ب=ج ١٠٠	رقم التحويل د	مركبات مهضومة كليه % ج × د	معادل النشا لكل وحدة مهضومة (رقم كلنر) هـ	معامل النشا الإسمي % ج × هـ
بروتين	١٤	٨٠	١١.٢	١	١١.٢٠٠	٠.٩٤	٠.٥٢٨
دهن	٢	٧٥	١.٥	٢.٢٥	٣.٣٧٥	٢.١٢ (شعير)	٣.١٨٠
الياف	٦	٥٠	٣.٠	١	٣.٠٠٠	١	٣.٠٠٠
كربوهيدرات	٦٥	٨٠	٥٢.٠	١	٥٢.٠٠	١	٢.٠٠
					٦٩.٥٧٥		٦٨.٧٠٨

TDN(مجمع المركبات المهضومة الكلية للشعير= ٦٩.٥٧٥%

S.V(معادل النشا الأسمي) للشعير = ٦٨.٧.٨%

الطاقة اللازمة لهضم الألياف = ٦ × ٣.٠ = ١.٨ كجم نشا

S.V (معادل النشا الحقيقي) = ٦٨.٧٠٨ – ١.٨٠٠

= ٦٦.٩٠٨%

$$\text{معامل الغذاء المفيد} = \frac{٦٦.٩٠٨}{٦٨.٧٠٨} \times ١٠٠$$

= ٩٧.٣٨%

القيمة اللبنية للشعير = معادل النشا الإسمي + ٢/١ البروتين المهضوم

= ٦٨.٧٠٨ + _١/٢ × ١١.٢)

= ٧٤.٣٠٨%

ثانياً : مجموع المركبات المهضومة الكلية :Total Digestible Nutrients (T.D.N)

يقدر ما يسمي بالمواد المهضومة الكلية أو ما يطلق عليه Total Digestible Substances وذلك بجمع البروتين المهضوم + الدهن المهضوم + الألياف المهضومة + الكربوهيدرات المهضومة وفي هذه الحالة نحصل علي المادة العضوية المهضومة بإعتبار أن كل هذه المركبات الأربعة تتساوي في طاقتها الحرارية الفسيولوجية ، والناتج في هذه الحالة يعبر بسرعة عن القيمة الغذائية لمادة العلف خاصة في مواد العلف الخشنة وأنواع التبن التي تنخفض بها نسبة الدهن والبروتين المهضوم . بعد ذلك رؤي تعديل هذا المقياس إلي ما يسمي بالمركبات المهضومة الكلية Total Digestible Nutrients وفيه تتخذ الكربوهيدرات المهضومة كوحدة ينسب اليها المهضوم منالمركبات الغذائية الأخري . لذلك أعتبر أن وحدة الدهن المهضوم ٣.٢٥ وحدة كربوهيدرات مهضومة وذلك لأن الطاقة الموجودة في جرام دهن ٢.٢٥ مرة لنفس الوزن من الكربوهيدرات . كما يفترض هذا المقياس تساوي وحدة البروتين المهضوم مع وحدة الكربوهيدرات المهضومة في ما يقابلها من الطاقة الفسيولوجية

كيفية تقدير مقياس الـ T.D.N

١-تجري تجربة هضم

٢-تؤخذ عينات ممثلة من الغذاء المأكول والروث الجاف ويتم فيها تحليل المركبات الغذائية التي تمثل في مجموعها المادة العضوية (البروتين الخام . الدهن الخام . الألياف الخام . الكربوهيدرات الذاتية)

٣-يتم حساب معامل هضم المركبات الغذائية.

٤-من تحليل المركبات الغذائية الأربعة في الغذاء المأكول ومعاملات الهضم لها يمكن حساب مقياس مجموع المركبات المهضومة الكلية أو الـ T.D.N كما يلي (علي الدريس مثلا).

جدول رقم (٥٩) :

المركب الغذائي	التحليل الكيماوي % أ	معامل الهضم % ب	مركبات مهضومة % أ×ب=ج	رقم التحويل د	مركبات مهضومة كلية T.D.N% ج × د
بروتين	١٧	٧٠	١١.٩	١	١١.٩٠٠
دهن	٣	٧٠	٢.١	٢.٢٥	٤.٧٢٥
الياف	٢٠	٣٥	٧.٠	١	٧.٠٠٠
كربوهيدرات	٤٢	٦٠	٢٧.٠	١	٢٧.٠٠

مجموع المركبات المهضومة الكلية (T.D.N) ٥٠.٦٢٥%

(ودائما يعبر عن مقياس المركبات المهضومة الكلية T.D.N كنسبة مئوية أو كعدد من كيلو جرامات المادة العضوية المهضومة الموجودة في كل ١٠٠ كيلو جرام مادة العلف المأكولة.

نقد مقياس الـ T.D.N

١- اعتبار إن حرارة أو طاقة البروتين المهضوم . طاقة الكربوهيدرات المهضومة بينما في الحقيقة هي أكبر قليلا وبالضبط ١.٣٦ مرة حيث أن طاقة أو حرارة جرام بروتين مهضوم = ٥.٧١١ ك. كالوري بينما حرارة او طاقة جرام من الكربوهيدرات المهضومة = ٤.١٨٣ ك. كالوري

وبالتالي فإن :

حرارة وحدة البروتين المهضوم بالنسبة لوحدة الكربوهيدرات المهضومة

$$= \frac{٥.٧١١}{٤.١٨٣} = ١.٣٦$$

٢-مقياس الـ T.D.N لا يدخل في حسابه جزء الطاقة الذي يفقد في البول ، جزء الطاقة الذي يبذل في هضم وطحن الغذاء ، جزء الطاقة الذي يبذل في عملية الأجترار Work of Digestion جزء من الطاقة يسمي الطاقة الديناميكية النوعية Specifi Dynamic Action والذي يفقد دائما بعد فترة معينة من التغذية علي غذاء به نسبة عالية من البروتين بسبب فترة الامتصاص العالية للأحماض الأمينية . وعلي ذلك تتجمع كل هذه الأخطاء عند حساب الطاقة المهضومة للغذاء عن طريق مجموع المركبات المهضومة الكلية T.D.N (الطاقة المهضومة T.D.N Digestible Energy – × ٤٢ تقريبا .

العلاقة بين TDN . S.V

كلاهما يعتبر مقياس لمحتوي المادة الغذائية من الطاقة ولكن يختلفان في التعبير عن هذه الطاقة . حيث أن مقياس مجموع المركبات المهضومة الكلية TDN يعبر عن محتوي مادة العلف من الطاقة المهضومة (DE) Digestible Energy حيث أن الـ DE = TDN × ٤٢ ك . كالوري تقريبا ، أما مقياس النشا S . V فيعبر عن محتوي مادة العلف من الطاقة الصافية أو ألـ Net Energy (علي صورة دهن متكون بالجسم).

وعند المقارنة بين مواد العلف الخشنة والمركزة علي أساس هذه القيم المقدرة S.V , TDN نجد :

١-في المواد العلف الخشنة : يوجد فرق كبير حسابيا بين قيمة الـ TDN . الـ S.V لأن خصم الألياف كبير.

٢-في مواد العلف المركزة : تتقارب حسابيا قيم الـ S.V , TDN لأن خصم الألياف بسيط،.

ويوجه عام يمكن تحويل أي من هذه المقاييس إلي الأخر وهذا يختلف تبعا لمادة العلف.

١-في مادة العلف المركزة

معادل النشا ٠.٩٥ TDN تقريبا (لأن خصم الألياف قليل)

٢-في مواد العلف المركزة : تتقارب حسابيا قيم الـ TDN ، الـ S.V لأن خصم الألياف بسيط،

وبوجه عام يمكن تحويل أي من هذه المقاييس إلي الآخر وهذا يختلف تبعا لمادة العلف.

١-في مادة العلف المركزة :

معادل النشا ٠.٩٥ TDN تقريبا (لأن خصم الألياف قليل)

٢-في مادة العلف الخشنة:

معادل النشا في الدريس ٠.٧٠ TDN تقريبا

معادل النشا في الأتبان والقش ٠.٤٧ TDN تقريبا (لأن خصم الألياف كبير) .

تحستن القيمة الغذائية لمواد العلف(*)

تتحدد القيمة الغذائية لمادة العلف علي ما تحتويه من مركبات غذائية في صورة يسهل علي الحيوان هضمها والاستفادة منها . ونظرا لأن معظم مواد العلف التي يتم استخدامها في تغذية الحيوان تعتبر نواتج ثانوية من المزارع أو المصانع خاصة مصانع الأغذية مما يتطلب تدخلا لتعظيم الاستفادة منها وهو ما يسمي " بالمعاملات الغذائية لمواد العلف . وذلك لتحقيق واحد أو أكثر من الأهداف التالية:

أهداف المعاملات الغذائية لمواد العلف :

١- التخلص من بعض المواد والمركبات المثبطة أو السامة والتي تحد من كفاءة الاستفادة من الغذاء
٢- تغيير شكل وطبيعة مواد العلف لزيادة قدرة الحيوان علي استهلاكها
٣- تحسين طعم ورائحة مواد العلف وبالتالي زيادة استساغتها.
٤- تحليل جزئي للمركبات الغذائية المعقدة سواء كانت كربوهيدراتية او بروتينية لتسهيل هضمها بواسطة انزيمات او ميكروبات القناة الهضمية.
٥- حماية المركبات الغذائية سريعة التحلل وذلك بتكوين معقد يتم تحلله ببطيء يتناسب مع احتياجات الحيوان.
٦- اغناء مواد العلف ببعض المركبات الغذائية مما يزيد من قيمتها الغذائية مثل معاملة مواد العلف الخشنة بالأمونيا " تزيد نسبة النيتروجين في مادة العلف.
٧- حفظ مواد العلف أثناء تخزينها لفترات طويلة وحمايتها من العفن والنموات الفطرية مثل المعاملات الكيماوية او البيولوجية
٨- تحسين ظروف الهضم الأنزيمي أو الميكروبي من حيث توفير الظروف التي تساعد علي زيادة نشاط ميكروفلورا الكرش او زيادة افراز العصارات الهاضمة.
٩- تسهيل عمليات تخزين وتداول مواد العلف.

والمعاملات الغذائية علي مواد العلف تشمل :

١- معاملات طبيعية Physical treatment
٢- معاملات ميكانيكية Mechanical treatment
٣- معاملات حرارية Thermal treatment
٤- معاملات كيماوية Chemical treatment
٥- معاملات بيولوجية Biological treatment
٦- معاملات اشعاعية Radiation treatment

أولا: المعاملا الطبيعية Physical treatment

أ-التجفيف :

ارتفاع نسبة الرطوبة يحد من قدرة الحيوان علي استهلاك مادة العلف بكميات كبيرة وأن ارتفاع نسبة الرطوبة يقلل من كمية المركبات الغذائية الهامة والتي يجب أن يتناولها الحيوان ... هذا إلي جانب أن ارتفاع نسبة الرطوبة يساعد علي سرعة فساد مواد العلف.

ب-الترطيب:

هناك بعض المواد التي في حالة انخفاض نسبة الرطوبة بها يصعب علي الحيوان تناوله لصعوبة مضغها ... ويعتبر الترطيب أحد الطرق التي تساعد علي رفع معدل استساغة مادة العلف والاستفادة منها . مثل ترطيب مواد العلف الناعمة لتجنب خروج غبار اثناء تناولها.

ج-النقع :

هناك بعض المواد في حالة نقعها في الماء لفترات مختلفة يحدث تحلل مائي لبعض المركبات الغذائية بها مما يسهل من هضمها والاستفادة منها بعد ذلك.

ثانيا : المعاملات الميكانيكية Mechanical treatment

أ-التقطيع أو الفرم (Chopping) (لمواد العلف الخشنة)

نظرا لما تتميز به مواد العلف الخشنة من كبر الحيز الذي تشغلة فإن التقطيع يتيح الفرصة لتخزينها وسهولة التعامل معها مما يساعد علي تقليل الفاقد منها أثناء التداول وتغذية الحيوان عليها . كما أن التقطيع يقلل الوقت والمجهود الذي يبذله الحيوان في تناول ومضغ الغذاء وبالتالي زيادة كمية الاستهلاك وتحسين الاستفادة

(*) المصدر : عبد الله على غزالة – احمد محمد حنفي – أساسيات تغذية حيوانات المزرعة ٢٠٠٩.

منـه ويجـب التفرقـة بـين التقطيـع والفـرم... حيـث أن الفـرم غيـر مرغـوب فيـه لأنـه يقلـل معـدل الاسـتفادة مـن الغـذاء نظرا لسرعة مروره في القناة الهضمية.

ب-الجرش أو الطحن Grinding (لمواد العلف المركزة)

يـتم الجـرش علـي الحبـوب والمـواد المركـزة وهـو أفـضل مـن الطحـن لأن الطحـن يـسبب صـعوبة فـي تناولـة بواسـطة الحيوان لما يسببه الغبار الناتج منها أثناء التغذية من مضايقة للحيوان.

ج-التحبيب : Pelleting أو التكعيب : Cubing

وهـي عمليـة تـتم بعـد الطحـن لمـواد العلـف لتجنـب الآثـار الـسلبية لتغذيـة علـي المـواد المطحونـة ، وهـذه العمليـة تـتم باستخدام معدات خاصة في وجود نسبة من الرطوبة أو بعض المواد المساعدة كالمولاس.

وتـسمح هـذه الطريقـة بإضـافة بعـض الخامـات الغذائيـة الأخـري لإغنـاء مـادة العلـف الخـشنة المطحونـة . وقـد أكـدت العديد من الدراسات زيادة الاستفادة الغذائية نتيجة لتحبيب مواد العلف المطحونه.

ثالثا : المعاملات الحرارية Thermal Treatment وتنقسم الي :

جدول رقم (٦٠) :

أ-المعاملات الحرارية الرطبة(بالبخار) أو الطبخ Steam treatment	ب-المعاملات الحرارية الجافة (التحميص)
حيث تجمع هذه المعاملة بين تأثير الماء والحرارة علي تكسير بعض الروابط الكيمائية وكذلك التخلص من بعض المركبات غير المرغوب فيها. وقد تكون هذه المعاملة مصاحبة لمعاملات أخري مثل المعاملات الكيمائية أو المعاملات تحت ضغط . كذلك فإن تأثير المعاملة بالبخار يتوقف علي درجة الحرارة المستخدمة وطول فترة المعاملة ونوع مادة العلف المعاملة	هنـاك بعـض مـواد العلـف التـي يمكـن ان تتـأثر بالمعـاملات الحراريـة الجافـة ويزيـد معـدل الاسـتفادة منهـا خاصـة مـواد العلـف التـي تحتـوي علـي مركبـات سـامة يمكـن تكـسيرها والـتخلص منهـا بالمعـاملات الحراريـة مثـل المعـاملات الحراريـة لكسب القطن وكسب فول الصويا .

رابعا: المعاملات الكيماوية Chemical treatment

وفيهـا يـتم اسـتخدام المـواد الكيماويـة بطـرق معينـة لتحـسين هـضم المركبـات الغذائيـة خاصـة الأليـاف الخـام وبالتـالي رفـع القيمـه الغذائيـة لمـواد العلـف .. ومـن أهـم الكيماويـات المـستخدمة فـي هـذا لامجـال " القلويـات " مثـل إيروكـسيد الـصوديوم وايدروكـسيد الكالـسيوم والأمونيـا وهـي الأكثـر شـيوعا فـي الاسـتخدام ... كمـا يمكـن اسـتخدام بعـض " الأحمـاض" مثـل الأحمـاض العـضوية أو المعدنيـة ، كـذلك يمكـن اسـتخدام بعـض " المـواد المؤكـسدة" مثـل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2.

ويرجـع تـأثير المعاملـة الكيماويـة علـي مـواد العلـف الخـشنة إلـي إذابـة جـزء مـن الـروابط اللجنـو سـيليلوزية الـصعبة وإضـعاف جـدر الخلايـا ، ونظـرا لعـدم انتـشار طريقـة المعاملـة بالأحمـاض والقلويـات بـسبب خطورتهمـا وصـعوبة إجرائهمـا فـسيتم الاقتـصار علـي شـرح المعاملـة بالأمونيـا بالتفـصيل وهـي الأكثـر انتـشارا والأقـل تكلفـة وضـررا. وأكثـر مـواد العلـف الخـشنة التـي تعامـل بالأمونيـا هـي قـش الأرز ، وتختلـف طريقـة المعاملـة تبعـا لمـصدر الأمونيـا (أمونيا غازية . أمونيا سائلة . يوريا) كما يلي:

أ-الأمونيا الغازية Anhydrous ammonia

حيـث أن تركيـز الأمونيـا بهـا ١٠٠% لـذلك فإنهـا تـستخدم بكميـات صـغيرة ، كمـا أنهـا تـستطيع أن تتخلـل إلـي داخـل مـواد العلـف حتـي ولـو كانـت علـي صـورة بـالات مكبوسـة .. إلا أنـه يعـاب عليهـا احتياجهـا إلـي حاويـات ضغط لتحويل الأمونيا إلي غاز.

ب-الأمونيا السائلة Aqueous ammonia

وهـي أمونيـا مذابـة فـي المـادة بتركيـز ٢٥% ويفـضل اسـتخدامها مـع المـواد منخفـضة الرطوبـة حيـث تـرش علـي مادة العلف الخشنة وتغطي وبمرور الوقت تتحلل الي امونيا غازية وتخترق مادة العلف وتتعامل معها.

ج-اليوريا :

وهـي موجـودة فـي صـورة صلبة بللوريـة يمكـن اسـتخدامها بعـد اذابتهـا فـي المـاء ثـم تـرش علـي مـادة العلـف وتغطـي وتتـرك فتـرة مـن الوقـت حيـث تتحلـل ويخـرج غـاز الأمونيـا ليختـرق مـادة العلـف . وينـصح ياسـتخدام اليوريـا بتركيـز ٢ – ٥% من المادة المعاملة.

وفيما يلي وصفا تفصيليا لطريقة معاملة القش بالأمونيا الغازية (طريقة الكومة Stack)

١- يجـب أولا عمـل كومـة مـن بـالات القـش فـي مكـان منعـزل مـع مراعـاة الحجـم القياسـي للكومـة وهـو (٤.٦ م × ٤.٦م × ٢.١م) وهـذه الكومـة تحتـوي علـي ٤ طـن قـش أرز (يمكـن تقليـل أو زيـادة حجـم الكومـة حـسب

الأطـوال) حيـث تـرص البـالات بطريقـة تـسمح بوجـود فراغـات بينيـة وأن تكـون متماسـكة بحيـث تكـون علـي شكل هرمي.

٢-تغطي الكومة بغطاء بلاستيك ويمكن الغلق بالأتربة من جوانب الكومة لمنع تسرب الغاز

٣-تحقـن الكومـة بالأمونيـا بمعـدل ٣٠ – ٣٥ كجـم غـاز/طـن قـش وتتـرك فتـرة مـن الوقـت تتـراوح مـن ٢ – ٤ اسابيع.

العوامل التي تؤثر علي المعاملة بالأمونيا :

١-كمية الأمونيا :

المـستوي الأمثـل يتـراوح بـين ٣ – ٤% مـن كميـة المـادة المعاملـة مـع ملاحظـة أن المـستوي الأقـل تـأثيره محـدود بينما المستوي الأعلي يمكن أن يسبب أضرار للحيوان.

٢-درجة الحرارة :

بعـد حقـن الأمونيـا ترتفـع درجـة حـرارة الكومـة لتـصل الـي ٤٠ – ٦٠م ثـم تـنخفض درجـة الحـرارة بعـد ذلـك ، وقـد لـوحظ أن ارتفـاع درجـة الحـرارة داخـل الكومـة يـساعد علـي إحـداث التغيـرات المطلوبـة لـذلك فـإن درجـة حـرارة الجـو المحـيط بالكومـة لهـا تـأثير كبيـر للمحافظـة علـي درجـة الحـرارة داخـل الكومـة لـذلك فـإن الجـو الحـار يناسـب المعاملـة بالأمونيا مقارنة بالجو البارد.

٣-مدة المعاملة:

نظـرا لأن الأمونيـا مـادة كيماويـة بطيئـة التفاعـل فإنهـا تحتـاج إلـي وقـت لإحـداث تفاعلاتهـا يتـراوح بـين ٢ – ٤ اسـابيع تبعـا لدرجـة حـرارة البيئـة المحيطـة حيـث تقـل المـدة اللازمـة للمعاملـة مـع ارتفـاع درجـة الحـرارة وتزيـد الفتـرة مع انخفاض درجة الحرارة.

٤-محتوي الرطوبة:

يجب الا تزيد الرطوبة للمادة للمعاملة عن ٢٠% لأن زيادتها يقلل من تأثير الأمونيا علي المادة

٥-نوع المادة المعاملة :

حيـث تتبـاين المـواد فـي درجـة اسـتجابتها للمعاملـة بالأمونيـا فكلمـا كانـت المـادة أقـل هـضما كلمـا زاد تأثرهـا بالمعاملة بالأمونيا.

وفيما يلي أيضا وصفا تفصيليا لطريقة المعاملة باليوريا :

تمتـاز اليوريـا عـن الأمونيـا بـسهولة تـداولها والتعامـل معهـا كمـا أن تركيـز النيتـروجين بهـا عـالي ويـصل الـي ٤٤ – ٤٦% .. ويمكن معاملة مواد العلف الخشنة باليوريا بعدة طرق.. أسهلها الطريقة التالية

١- يتم فرم مادة العلف الخشنة الي أطوال تتراوح بين ١ – ٢ سم

٢- تـذاب كميـة اليوريـا المـستخدمة والتـي تتـراوح بـين ٢ – ٥ % مـن المـادة الجافـة وذلـك فـي كميـة محـدودة مـن الماء.

٣- ترش كمية اليوريا المذابة علي مادة العلف الخشنة المفرومة وتخلط جديا.

٤- يمكـن تغذيـة الحيـوان علـي مـادة العلـف المعاملـة باليوريـا مباشـرة أو بعـد كمرهـا لمـدة أسـبوع ثـم التجفيـف فـي الشمس للتخلص من رائحة الأمونيا المتصاعدة.

ويفـضل قبـل التغذيـة علـي مـواد العلـف الخـشنة المعاملة بالأمونيـا أو اليوريـا تهيئـة الحيـوان أولا للتغذيـة علـي هـذه الأعـلاف المعاملـة وتـوفير الظـروف الأخـري اللازمـة لتحـسين الاسـتفادة مـن الأمونيـا أو اليوريـا مثـل أهميـة وجـود مصدر سهل للكربوهيدرات ، كالمولاس أو مجروش الذرة وكذلك أهمية وجود مخلوط عناصر معدنية.

خامسا : المعاملات البيولوجية Biolgical treatment

وهـي مـن أفـضل الطـرق والتـي زاد انتـشارها فـي الأونـة الأخيـرة حيـث تعتمـد علـي اسـتخدام أنـواع معينـة مـن الكائنات الدقيقة(بكتريا . فطر . خميرة) لتكسير الروابط اللجنو سليلوزية .

وتتوقـف نتـائج هـذه المعـاملات علـي اختيـار الأنـواع المناسـبة مـن الكائنـات الدقيقـة . وتعتبـر الفطريـات هـي الأكثـر انتشارا في هذا المجال .. حيث تقسم الي ٤ أنواع:

١- نوع من الفطريات يحل السليلوز والهيمسليلوز والجنين

٢-نوع من الفطريات يعمل اساسا علي اللجنين

٣-نوع من الفطريات يعمل اساسا علي السليلوز

٤-نوع من الفطريات يعمل علي جميع المركبات الموجودة في جدر الخلايا النباتية

ويعاب علي هذه الطريقة ما يلي :

١- انهـا تحتـاج لتجهيـزات متعـددة لتـوفير الظـروف المثلـي لنـشاط الكائنـات الحيـة الدقيقـة ممـا يزيـد مـن التكلفـة والجهد المبذول.

٢-احتياجها ايضا الي وجود أشخاص مدربين للقيام بها ولتحديد نوع الكائن الحي المتناسب مع مادة العلف.

سادسا: المعاملة بالاشعاع Radiation treatment

حيـث تـؤدي المعاملـة بالإشـعاع باسـتخدام الكوبالـت ٦٠ مـثلا بمعـدل ١٠ – ١٠ راد Radا لـي زيـادة القيمـة الهـضمية لمـواد العلـف الخـشنة المعاملـة معمليـا إلا أن الأمـر يحتـاج لمزيـد مـن الدراسـات مـن حيـث الاسـتخدام الأمن للمواد الاشعاعية ومدي الكفاءة الاقتصادية لمثل تلك المعاملات.

الاحتياجات الغذائية : Nutrient requirements

الطاقة : Energy

تنتج الطاقة عند هضم العليقة فى القناة الهضمية ، من ثم تنطلق الطاقة اما فى شكل حرارة او احتجاز كيماوى trapped chemically وتمتص داخل الجسم لاغراض التمثيل الغذائى ، ويمكن ان تستمد من بروتين ، دهن ، كربوهيدرات العليقة ، عموماً الحبوب النجيلية Cereals والدهون توفر معظم طاقة العليقة ٠ الطاقة الزائدة عن الحاجة تتحول الى دهون وتخزن فى الجسم ٠ وتمثل حسابات توفير provision الطاقة أكبر نسبة مئوية من تكاليف العليقة ٠

يمكن قياس الطاقة الاجمالية (The total energy (gross energy لمواد العلف فى المعمل بواسطة حرقها تحت ظروف محكمة خاضعة للرقابة وقياس الطاقة المنطلقه (الخارجة) على شكل حرارة ، لا يكتمل الهضم ابداً فى ظل الظروف العملية ، ولذلك قياس الطاقة الاجمالية لا يوفر معلومات دقيقة على كمية الطاقة المفيدة للحيوان – والمقياس الأكثر دقة يكون الطاقة المهضومة (Digestible energy (DE الذى يأخذ فى الاعتبار حسابات الطاقة المفقودة اثناء عدم تمام عملية الهضم وخروجها فى الروث ، ولدى المكونات الكيماوية لمواد العلف تأثير كبير على قيم الطاقة المهضومة (DE) ، زيادة الدهون يعطى قيم مرتفعة وزيادة الألياف والرماد يعطى قيم منخفضه حيث توفر الدهون حوالى ٢.٢٥ مرة قدر الطاقة التى توفرها المواد الكربوهيدراتية او البروتينيه ٠

المقاييس الأكثر دقة من الطاقة المفيدة الواردة من مواد العلف تكون الطاقة الممثلة (Metabolizable energy (ME التى تأخذ فى الاعتبار الطاقة المفقودة فى البول والطاقة الصافية (Net energy (NE التى تأخذ فى الاعتبار الطاقة المفقودة كحرارة ناتجة اثناء عملية الهضم ٠

تجارب متزنة (الموازين) استخدمت لتقدير الطاقة الممثلة ME بسهولة من مقارنات الطاقة فى العليقة والطاقة المفقودة فى المخرجات (افراز فى الزرق)، اخراج الروث والبول معاً فى الطيور ميزة مريحة فى هذا الصدد ، نتيجة لذلك الطاقة الممثلة ME مقياس طاقة شائع الاستخدام فى تغذية الدواجن ٠ يمكن الحصول على دقة أكثر فى التقويم للطاقة الممثلة ME من ضبط قيم الطاقة الممثلة ME لكمية الطاقة المفقودة او المكتسبة للجسم فى شكل نتروجين البروتين (N) ٠ تصحح قيمة الطاقة الممثلة ME للحصول على صفر نتروجين مكتسب او مفقود وتدل على الـ ME_n ٠

قيم الطاقة الممثلة ME المتحصل عليها بواسطة هذه الطرق تكون قيم ظاهرية (apparent ME (AME ، حيث ان كل الطاقات المفقودة فى الروث لا تأتى من الغذاء فقط ، يأتى بعضها من الافرازات الجسميه endogenous secretions من سوائل الجهاز الهضمى، الخلايا الميتة sloughed-off intestinal cells والبول الذى مصدرة الجسم endogenous urinary secretions ويستخدم مصطلح الطاقة الممثلة الحقيقية (True ME (TME لوصف الطاقة الممثلة المصححة لهذه المفقودات ، وتستخدم قيم الطاقة الممثلة الحقيقية TME وقيم الـ TME_n وقدرت لمواد علف معينة واستخدمت فى بعض البلدان فى تكوين العلائق ، المفقودات الجسميه endogenous losses يصعب قياسها بدقة : احد الاساليب ينطوى على تقدير المفقودات المقدرة من قبل حجب العليقة لفترة قصيرة وافتراض ان الطاقة الموجودة فى المخرجات (الفضلات) تمثل المفقودات الجسميه endogenous loss (Sibbald, 1982) ٠

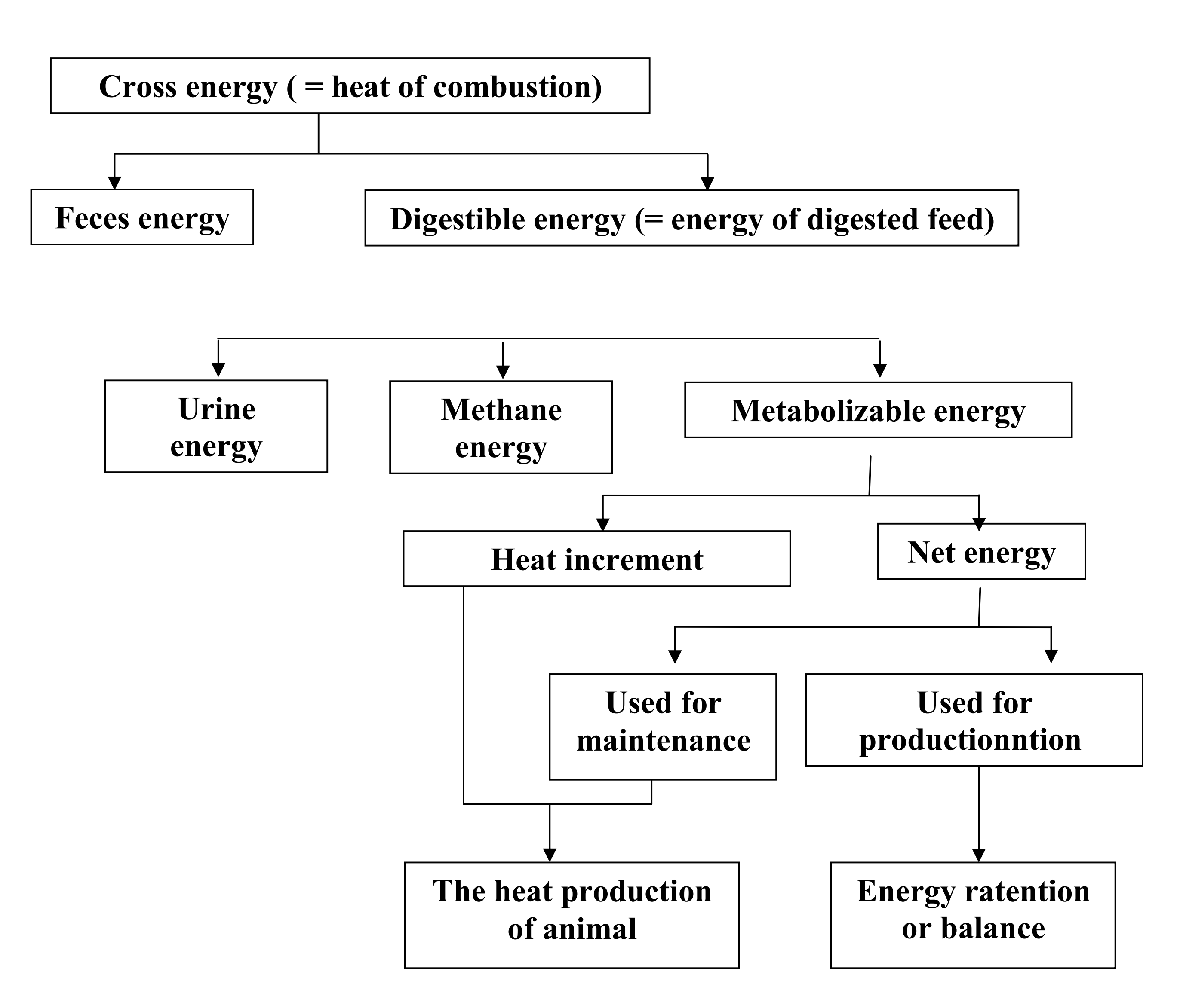
قيم الطاقة الممثلة ME_n تعادل تقريباً قيم الـ TME_n لمعظم مواد العلف (NRC, 1994) ، ومع ذلك ، فان قيم ME_n، TME_n تختلف اختلافاً جوهرياً لبعض مواد العلف مثل رجيع الكون، مجروش الطحين مع نخالة القمح wheat middlings ، نواتج تقطير الاذرة مع السوائل maize distillers grains plus soluble ، وبناء على توصيات NRC, 1994 بخصوص هذه مواد العلف ، فإن قيم ME_n لا ينبغى ان تكون عشوائية بالتبادل مع القيم الـ TME_n حسب اغراض تكوين العلائق ٠

معظم قيم الـ ME_n قدرت لمواد العلف المقدرة مع الكتاكيت الصغيرة وقدرت قيمة TME_n مع ذكور الدجاج الكبير فى العمر البالغة، وتم تنفيذ عدد قليل من الدراسات لتقدير ME_n او TME_n فى الدواجن لمختلف الاعمار، ويلزم مزيد من المعلومات عن ME_n و TME_n لعديد من مواد علف الدواجن ، والرومى ، والدواجن الاخرى لمختلف الاعمار (NRC, 1994) ٠ وقد وضع عديد من الباحثين معادلات متطورة لتقدير الـ ME على اساس التحليل الكيماوى للعليقة (NRC, 1994) ٠ وهذه الاحتياجات المنشورة والمحسوبة اساساً من احتياجات العناصر الغذائية للدواجن (NRC, 1994) على اساس الـ ME و (AME) يعبر عنها بالكيلو كالورى (Kilocalories (Kcal او ميجاكالورى / كجم عليقة ، Mega calories (Mcal)/kg feed ٠ يستخدم هذا النظام فى الطاقة بتوسع فى امريكا الشمالية وفى عديد من البلدان الاخرى تستخدم وحدات الطاقة فى بعض البلدان على اساس الجول (Joules (J والكيلوجول (Kilojoules (KJ او ميجا جول megajoules (MJ) ٠

يمكن استخدام معاملات التحويل لتحويل السعرات الى جولات بمعنى : 1 Mcal = 4.184 MJ; 1MJ = 0.239 Mcal and 1 MJ = 239 Kcal. ; ولذلك فان جداول تركيب مواد العلف توضح قيم الطاقة الممثلة ME معبر عنها بـ الميجاجول او الكيلوجول مثل الكيلو كالورى / كجم MJ or KJ aswell as Kcal/ Kg ٠

الطاقة القابلة للتمثيل : Metabolizable energy

الطاقة الكلية Gross energy للغذاء المقدرة من المسعر ينتفع الحيوان بجزء منها والجزء الآخر لا ينتفع به وفى الحيوانات بسيطه/وحيدة المعدة فان مصادر الفقد هى حرارة الجزء غير المهضوم الخارج من الروث والحرارة المهضومة وفقد جزء منها فى البول ويبقى جزء الحرارة الذى ينتفع به الحيوان ويسمي الطاقة الفسيولوجية النافعة او الطاقة القابلة للتمثيل Metabolizable energy وتعرف ايضاً بالمجهود الفسيولوجى النافع.



شكل رقم (٤٢) مصادر الفقد المختلفة فى الطاقة الكلية لغذاء الحيوان

الطاقة القابلة للتمثيل : Metabolizable energy

وفيما يلي أهم المعادلات التى يمكن توقع قيمة الطاقة القابلة للتمثيل بالنسبة للطيور، مقارنة قيم الطاقة القابلة للتمثيل المتوقعة باستخدام معادلات خاصة بالكتاكيت الصغيرة والديوك الكبيرة.

هولندا

ديوك كبيرة : $AME_n = 40.4\ CP + 86.8\ L + 45\ S + 59.8\ Su$

كتاكيت صعيرة : $AME_n = 41.4\ CP + 61.2\ L + 38\ S + 27.3\ Su$

فرنسا

ديوك كبيرة : $AME_n = 43.4\ CP + 85\ L + 39\ S + 5.4\ Su$

كتاكيت صعيرة : $AME_n = 44.4\ CP + 69.6\ L + 39.3\ S + 0.5\ Su$

CP = Crude protein (%) ; L = Lipid (%); S = Starch (%); Su = free sugars (%)

المعادلات الحسابية للتنبؤ بقيم الطاقة القابلة للتمثيل فى مخلوط الاعلاف.

Sibbald (1993)	$AME_n = 35.2\ CP + 78.5\ L + 41\ S + 35.5\ Su$
Hartel (1997)	$AME_n = 36.2\ CP + 76.9\ L + 40.6\ S + 26.1\ Su$
Fisher (1982)	$AME_n = 39.9\ CP + 81.9\ L + 42.7\ S + 44.2\ Su$
Leclercq et al. (1984)	$AME_n = 40.4\ CP + 85.7\ L + 38.5\ S + 30.6\ Su$
Cee	$AME_n = 37.06\ CP + 82\ L + 39.9\ S + 31.1\ Su$

جدول رقم (٦١): استخدام الجدار الخلوى كقيمة للتنبؤ بقيم الطاقة القابلة للتمثيل

Predictors		R.S.d (Kcal/kg)
L, A, CF	3199 + 56.1 L – 45.4 A	74
L, A, CW	3469 + 54.7 L – 42.2 A – 49.2 CW	53
GE, CP, NDF	0.975 GE – 21.5 CP – 47.0 NDF	72
GE, CP, CF	0.913 GE . 18.5 CP – 109.5 CF	70
GE, CP, CW	0.965 GE . 13.4 CP – 54.0 CW	51
L, CP, S, Su	85.7 L + 40.4 CP + 38.5 S + 30.6 Su	53
GE, CP, CW	0.914 GE – 14.7 CP – 10 CW 1.5	47
A = ashes (%). CF = crude fibre (%). NDF = neutral detergent fibre (%)		

جدول رقم (٦٢): المعادلات الحسابية الحديثة للتنبؤ بقيم الطاقة القابلة للتمثيل لمواد العلف

مواد العلف		R.S.d (Kcal /kg)
مسحوق اللحم	3573 + 59.8 L – 45.6 A	Dry matter
السورجم	3830 – 383 T	30
الشعير	3838 – 121.3	44
كسب بذور اللفت	1810 + 65.6 L	246
الدهون	4340 + 57.1 I	
	3983 + 66.18 I	
	3849 + 32.9 FFA + 75.3 I	
T = tannins (%) ; I = iodide index; FFA = free fatty acids.		

وهناك فقد له أهميته من الناحية العلمية فى تغذية المجترات التى تنتج غازات قابلة للإحتراق وأهمها الميثان (وقليل من الايدروجين)، وطاقة هذه الغازات لا ينتفع بها الحيوان المجتر ويجب خصمها من الحرارة المهضومة بالاضافة الى الطاقة التى فى البول لانتاج الحرارة او الطاقة الفسيولوجية النافعة (القابلة للتمثيل) فى حالة الحيوان المجتر والمثال الآتى فى الجدول التالى يوضح ذلك فى الدواجن والغنم.

جدول رقم (٦٣): الطاقة القابلة للتمثيل للذرة مع الدواجن والدريس مع الغنم

البند	الدواجن مع الأذرة	الغنم مع دريس فول الصويا
الغذاء اليومي بالجرام	١٠٠	١٠٠٠
حرارة فى الغذاء كيلو كالوري (أ)	٤٤٣	٤٣٣٣
مقدار الخرج كيلو كالوري (ب)		
حرارة في الروث		٢.٣٣
حرارة فى البول	١٤٣.٤	١٩٦
حرارة فى الميثان	--	٢.٨
المجهود الفسيولوجي النافع (أ-ب)	٣٠٨.٦	١٨٩٦

من ذلك يتضح ان كل جرام من حبوب الذرة يعطي طاقة كلية هى ٤.٤٣٠ كيلو كالوري وطاقة فسيولوجية نافعة هى ٣.٠٨٦ كيلو كالوري مع الدواجن بينما كل جرام من دريس فول الصويا يعطي طاقة كلية مقدراها ٤٣٣٣ كيلو كالوري وطاقة فسيولوجية نافعة مقدراها ١.٨٩٦ كيلو كالورى مع الغنم. ويلاحظ فى حالة الدواجن يسهل تقدير الطاقة الفسيولوجية النافعة بسهولة فى تجربة هضم عادية واستخدام المسعر مع ملاحظة ان طاقة البول والروث تضم معاً فى نفس الطائر ويطلق عليها طاقة الزرق.

وفى حالة الحيوانات المجترة يستلزم الامر تقدير الحرارة المفقودة فى الميثان وهذه تحتاج لدقة كبيرة وأجهزة معقدة، الامر الذى جعل كثيراً من الباحثين ان يقدروا الطاقة فى الميثان حسابياً وقدرت فى المتوسط بمقدار ٤.٢٩ لتر ميثان لكل ١٠٠ جم كربوهيدرات خام مهضومة أي نحو ٥٧.٣ كيلو كالوري، وتعتبر الطاقة القابلة للتمثيل مقياساً ادق من الحرارة المهضومة للتعبير عن القيمة الغذائية، وعادة تسجل لكل ١٠٠جرام غذاء مأكول واحياناً لكل كيلو جرام على صورة كيلو كالوري او ميجا كالوري.

المجهود الفسيولوجيى النافع للمركبات المهضومة :

أمكن تقدير المجهود الفسيولوجى النافع لكل من البروتين المهضوم والكربوهيدرات المهضومة والدهن المهضوم وبمعرفة ما يعادله من كل مركب يمكن حساب مجهود الفسيولوجي النافع للغذاء بمعرفة المركبات المهضومة.

وتختلف ارقام التحويل حسب مصدر الغذاء وحسب نوع الحيوان ويبين الجدول التالي معدلات لهذه الارقام وعلاقتها بالحرارة المهضومة لكل كيلو جرام من المركب الغذائي مقدرة بالكيلو كالوري.

وقد لخص غنيم العلاقة بين الحرارة الكلية لكل كيلو جرام من المركبات الغذائية حسب مصدرها وما يقابلها من الحرارة المهضومة والفاقد منها فى الميثان او فى البول والمجهود الفسيولوجى النافع الناتج من كل كيلو جرام مهضوم وهو ينطبق على المجترات وفيما يلي القيمة الحرارية بالكيلو كالوري فى الجدول التالي.

جدول رقم (٦٤): الحرارة المهضومة والفسيولوجية النافعة للمركبات فى الحيوانات المختلفة

المركب ونوع الحيوان	حرارة كل كيلو جرام مهضوم كيلو كالوري	حرارة فسيولوجية نافعة لكل كجم مهضوم كيلو كالوري	العالم
كربوهيدرات نشا مهضوم:			
بقر	٤١٨٥	٣٧٦١	O.Killner, 1905
غنم	٤١٨٥	٣٧٦٠	H.Jockor, 1948
ارنب	٤٢٦٧	٤٢٦٧	A. Sohurch, 1948
خنزير	٤١٨٥	٤١٨١	J. Fingerling, 1914
دجاج	٤١٨٥	٤١٨٥	Buchmann, 1946
بروتين مهضوم :			
بقر	٥٧٠٠	٤٦٦٠	O.Killner, 1905
غنم	٥٧٠٠	٤٥٩٢	H.Jockor, 1948
ارنب	٥٧٠٠	٤٩٦٣	A.Sohurch, 1948
خنزير	٥٧٠٠	٤٧٧٣	J. Fingerling, 1914
دجاج	٥٧٠٠	٤٥١٦	Buchmann, 1946
دهن مهضوم :			
بقر	٨٨٢٠	٨٨٢	O.Killner, 1905
غنم	٩٤٦٥	٨٤٥٦	H.Jockor, 1948
ارنب	٩١٨٨	٩١٨٨	A.Sohurch, 1948
خنزير	٩٤٤٦	٩٤٤٦	J. Fingerling, 1914
دجاج	٩٥٠٠	٩٥٠٠	Buchmann, 1946

جدول رقم (٦٥): القيمة الحرارية الكلية والمهضومة والفاقدة والفسيولوجية النافعة للمركبات الغذائية مع المجترات

المركب الغذائي	قيمة حرارية كلية لكل كجم كيلو كالوري	قيمة حرارية مهضومة لكل كجم كيلو كالوري	قيمة حرارية فى البول كيلو كالوري	قيمة حرارية فى الميثان كيلو كالوري	مجهود فسيولوجي نافع كيلو كالوري
بروتين	٥٧١١	٥٧١١	١٠١٤	–	٤٦٩٧
دهن بذور زيتية	٩٣٠٠	٨٨٢١	–	–	٨٨٢١
دهن حبوب	٩٥٠٠	٨٥٠١	–	–	٨٥٠١
دهن علف خشن	٨٨٠٠	٩٣٢٢	–	–	٨٣٢٢
كربوهيدرات كالنشا	٩١٩٤	٤١٨٣	–	٤٢٢	٣٧٦١
كربوهيدرات	٤١٨٣	٣٩٥٥	–	٣٧٩	٣٥٧٦
سكر قصب	٣٩٥٥	٤١٨٣٣	–	٤٢٢	٣٧٦١
مستخلص خالى من الآزوت	٤١٨٣	٤١٨٥	–	٥٨٦	٣٥٩٩
الياف خام	٤٤٢٦	٤٢٢٠	–	–	٣٥٩٩
كربوهيدرات خام	٤١٨٣	٤١٨٤	–	–	–
(ذائبة وألياف)	٤٤٢٢	–	–	٥٧٣	٣٦١١

المجهود الفسيولوجى النافع الاسمى والحقيقي:

ان تقدير المجهود الفسيولوجى النافع فى المجترات بعد خصم حرارة البول والميثان من الحرارة المهضومة ينتج الحرارة النافعة التى دخلت جسم الحيوان ليستخدمها للانتاج سواء لحفظ او لانتاج لحم ولبن وصوف وبيض وعمل. ولكن فى حالة المواد الخشنة التى تحتوي الياف فإنه يذهب جزء كبير او قليل من المجهود للمضغ وعمليات الهضم، ويطلق علية "كلنر" مجهود الهضم work of digestion. ولذلك اطلق على المجهود الفسيولوجى النافع قبل مجهود الهضم "المجهود الفسيولوجي النافع الاسمي " وبعد خصم مجهود الهضم يسمى" المجهود الفسيولوجى النافع الحقيقى.

ووجد كلنر من تجاربة على الثيران ان مجهود الهضم يتوقف على طبيعة الالياف الخام فى مادة العلف ففى المواد الخشنة الجافة كالاتبان والدريس فان كل كيلو جرام الياف خاتم فى العليقة يحتاج ٢١٨٠ كيلو كالوري كمجهود هضم يجب خصمه من الحرارة الفسيولوجية النافعة فى العليقة وهذا يعادل ٠.٥٨ كيلو جم نشا مهضوم حرارة فسيولوجيه (٠.٥٨ × ٣٧٦ = ٢١٨٠ كيلو كالوري) واذا كانت المواد الخشنة ناعمة جداً وجد كلنر ان هذا المجهود الهضمي ينخفض الى ١١٢٨ كيلو كالورى لكل كيلو جرام الياف فى مادة العلف (أى مايعادل ٠.٣ كيلو جرام نشا مهضوم) وهذا المجهود يجب خصمة من المجهود الفسيولوجى النافع الاسمي.

وفى المواد الخضراء وجد كلنر ان هذا المجهود الهضمى يختلف حسب نسبة الالياف الخام فى مادة العلف ويرتفع كلما زادت نسبة الالياف من ٤% حتى تصل ١٦% فى المادة الخضراء ثم يثبت بعد ذلك.

الحرارة المفقودة وتنظيمها :

زيادة عن الحرارة المفقودة من الطاقة الكلية للغذاء فى الروث والبول والميثان (وعمل الهضم) لتقدير الطاقة الفعلية القابلة للتمثيل (الطاقة الفسيولوجية النافعة الحقيقية) فان هناك فقد مستمر فى الجسم على صورة حرارة. وذلك لأن كثيراً من العمليات الفسيولوجية تستلزم عمليات اكسدة لانتاج طاقة يستعمل الحيوان جزءاً منها فى احتياجاته (كالحركة وانتاج الطاقة يلزم مركبات الجسم) والجزء الآخر ينطلق كحرارة التي تعمل ايضاً على حفظ درجة حرارة الجسم ثابته فى الحيوانات ذات الدم الحار. وهذه الحرارة المنبعثة من الجسم قد تصل من ٢٥-٤٠% من الطاقة الكلية فى الغذاء المأكول.

وفى أغلب الحالات تكون حرارة الجسم أعلى من حرارة الجو ، ومقدار الحرارة التى يسمح الجسم بخروجها يتحكم فيها سرعة مرور الدم الى الجلد وتنظيم فزيائي Physical regulation للحرارة فاذا احتاج الامر لسرعة اخراج حرارة من الجسم يزداد سرعة مرور الدم على الجلد مع اتساع فى شعيرات الدم على سطح الجلد، وهذا يساعد على خروج الحرارة بالاشعاع وعلى فتح المسام الجلديه الذى يساعد على خروج حرارة التبخير المائي (الحرارة الكامنة للتصعيد)، واذا اريد حفظ الحرارة تنعكس هذه العمليات ويبطؤ مرور الدم وتقفل المسام. وعند انخفاض حرارة الجو كثيراً فان هناك "تنظيماً كيماوياً Chemical regulation" يساعد على حفظ حرارة الجسم بحدوث قشعريرة للعضلات لا ارادياً والذى يحتاج لتأكسد مواد الجسم وانطلاق الحرارة.

مسعر التنفس :

وفى مسعر التنفس Respiration calorimeter يمكن قياس الحرارة المفقودة من الجسم مباشرة بالاضافة الى قيامة بعمل جهاز التنفس ليمكن تقدير حساب الدخل من الغذاء والماء والاوكسجين والخرج من المواد الصلبة والسائلة والغازية والحرارة المنبعثة وفى حالة حيوان اللبن يدخل فى حساب الخرج اللبن الناتج.

ميزان الطاقة :

يمكن ايجاد ميزان الطاقة Energy balance اثناء تغذية الحيوان بقدر معين من الغذاء فى فترة زمنية باستخدام مسعر التنفس والمثل الأدني يوضح تجربة لارمزباي وفرايز سنة ١٩٠٣ H.B Armsbyand J.A Friz على ثور يتغذى على دريس التيموثي ومسحوق كسب الكتان كما فى الجدول التالى :

جدول رقم (٦٧): ميزان الطاقة اليومى لثور فى مسعر التنفس لارمزباى وفرايز

البند	الدخل كيلو كالوري	الخرج كيلو كالوري
أ- ٦٩٧٨ جم دريس التيموثي	٢٧٧٢٧	
ب- ٤٠٠ جم مسحوق كسب الكتان	١٨١١	
ج- ١٦٦١٩ جم روث (طري)		١٤٢٤٣
د - ٤٣٥٧ جم بول		١٢١٠
هـ- ٣٧جم بقايا متساقطة		٨٨
و- ١٤٢ جم ميثان		١٨٩٦
ز- حرارة مفقودة		١١٤٩٣
ح- داخل الجسم		٦٠٨
المجموع	٢٩٥٣٨	٢٩٥٣٨

ويلاحظ ان الحرارة المفقودة وهي ١١٤٩٣ كيلو كالوري تبلغ نحو ٤٠% من دخل الطاقة الحرارية اليومية، وجزء حيوان وحفظ حياة الحيوان.

واستخدام كلنز ميزان الطاقة غير المباشرة مستخدماً جهاز التنفس لحساب ميزان الطاقة ومعرفة المجهود الفسيولوجى النافع، وفى تجارب كلنر التى كان دخل الغذاء يسمح بالانتاج (فى العليقة الحافظة) كلن يخصم كلنر من الحرارة الفسيولوجية النافعة ما يلزم للعليقة الحافظة من مجهود حراري والذي سبق تقديرة على الحيوان فى تجارب سابقة بجهاز التنفس يكن فيها ميزان الازوت والكربون محايداً او الاقل ما يمكن لاعطاء ميزان ازوت وكربون محايد، الثيرات (نقلاً عن غنيم ١٩٦٤).

أ- كمية الحرارة فى الغذاء	= ٥٢٩٢٨.٦ كيلو كالوري
ب- كمية الحرارة فى الروث	= ١٥٩١٥.٨ كيلو كالوري
ج- كمية الحرارة فى البول	= ١٦٨٦.٢ كيلو كالوري
د- حرارة من الميثان الخارج (٢٥٣.٥ جم)	= ٣٣٨٢.٧ كيلو كالوري
هـ- مجموع الخرج فى الروث والبول والميثان	= ٢٠٩٨٤.٧ كيلو كالوري
و- مجهود فسيولوجى نافع (أ – هـ)	= ٣١٩٤٣.٩ كيلو كالوري
ز- حرارة لازمة لحفظ الحياة	= ١٧٣٢٠.٣ كيلو كالوري
ج- الباقى للإنتاج (و-ز)	= ١٤٦٢٣.٦ كيلو كالوري
ط- حرارة الناتج (المجهود الصافى لانتاج و-ز ٤٣.٤جم بروتين اللحم ٨٦٢.٤ جم/دهن)	= ٨٤٣٩.٢ كيلو كالوري
ى- الفقد اثناء الانتاج	= ٦١٨٤.٤ كيلو كالوري

ك- نسبة حرارة المجهود الصافي الى الباقى للآنتاج = $\frac{ط}{ح} \times ١٠٠ = \frac{٨٤٢٩.٢ \times ١٠٠}{١٤٦٢٣.٦} = ٥٧.٦\%$

ويلاحظ هنا ان الحرارة الفاقدة (لحفظ الحياة والفاقدة اثناء انتاج دهن ولحم) تبلغ ٢٣٥٠٤.٧ كيلو كالوري (١٧٣٢٠.٣ + ٦١٨٤.٤) هذا الجزء سماه أرمزباي وفرايز بالحرارة المفقودة التى قدرها جهاز التنفس مباشرة وهو يبلغ فى هذا المثال ٤٤.٤% من حرارة الغذاء وهو قريب من رقم ارمزباى وفرايز (٤٠% من حرارة الغذاء).

الفاقد من الحرارة الفسيولوجية النافعة : Heat increment

لا يوافق ارمزباي علي آراء كلنر بأن الفقد فى المجهود الفسيولوجى النافع الاسمي هو مجهود الهضمwork of digestion فقط السابق ذكرها بل أن هناك فقداً حرارياً دائماً من طاقة الغذاء المهضوم يصاحب تناول الغذاء يسمي التأثير الديناميكى النوعي Specific dynamic action للغذاء او المركب الغذائى الممتص، فلقد وجد ان تناول أغذية نقية سهلة الامتصاص يكون مصحوباً بزيادة فقد حرارى خاصة فى حالة المواد البروتينية وهذا الفقد يقلل رصد الحيوان من الحرارة الفسيولوجية النافعة الباقية، كما فى الشكل التالي الذي يبين تقسيم الطاقة وتوزيعاتها والفاقد منها.

وهناك عوامل أخري تؤثر فى كمية الجزء المفقود من الحرارة الفسيولوجية النافعة Heat increment فالتناسب بين المركبات الغذائية فى الغذاء له تأثير، فوجد احلال الدهن محل جزء من كربوهيدرات الغذاء يقلل من الفاقد من الحرارة الفسيولوجية النافعة، وبذلك يكون استعمال طاقة الغذاء اكثر اقتصاداً، كما وجد ان نقص الفوسفور او الريبوفلافين وبعض المعادن والفيتامينات يكون مصحوباً بزيادة الفقد الحرارى من الغذاء، وهذا يشاهد دائماً فى الاغذية غير المتزنة فسيولوجياً بسبب نقص مركب ضرورى منها. ولقد أثبت التجارب مع الفيران ان الأغذية المتساوية في مستوى الطاقة يتناقص الفاقد من حرارتها كلما زادت نسبة البروتين من ٤ الى ١٨% فى الغذاء وثبت صحة ذلك ايضاً مع الكتاكيت واصبح التناسب بين نسبة البروتين ومستوى الطاق فى الغذاء Protein: energy Ratio له أهمية عملية كبيرة فى تغذية البداري لأن زيادة البروتين توفر من الطاقة المفقودة على صورة حرارة ترفع كفاءة الغذاء فتزيد الكمية الناتجة منه.

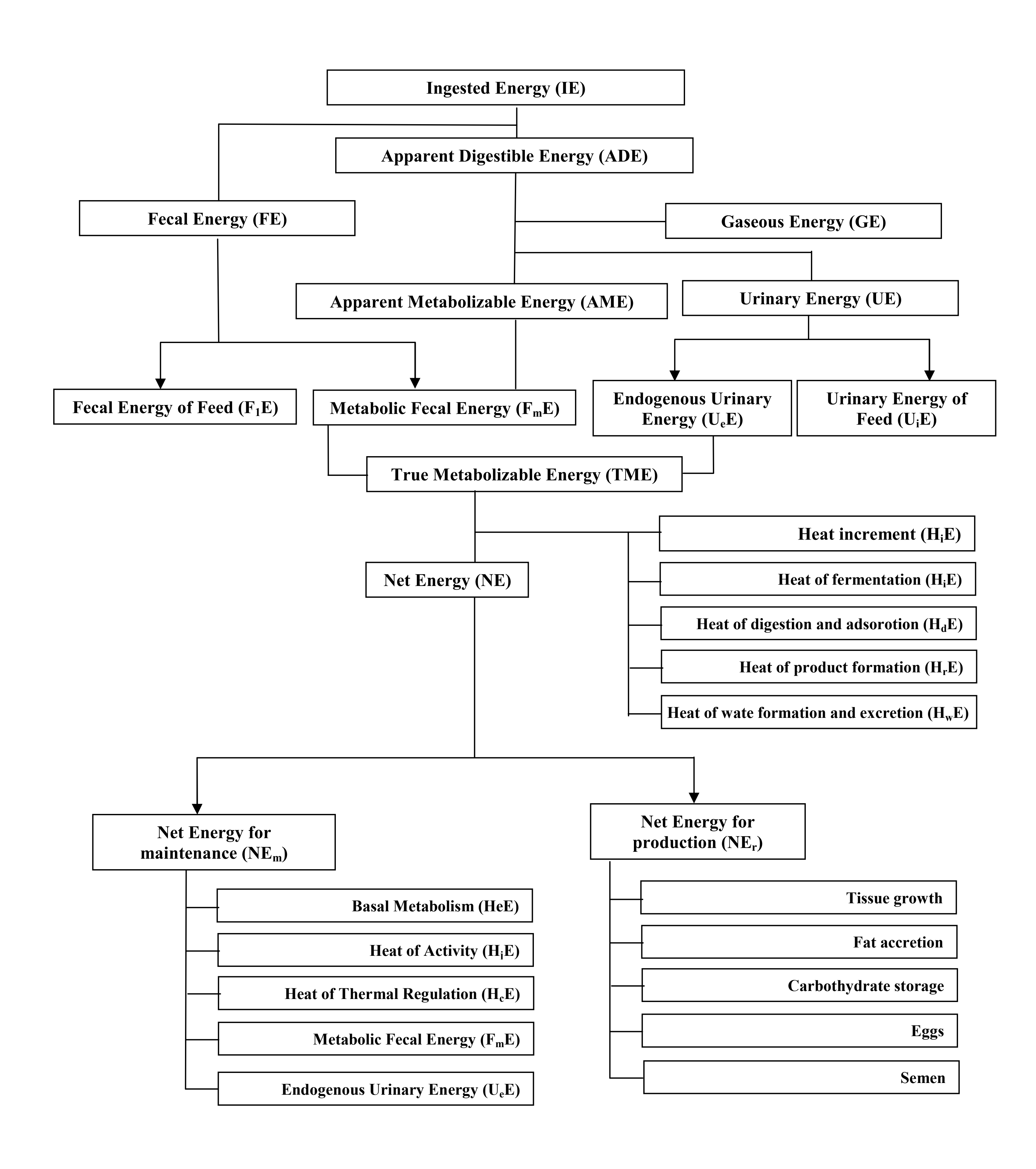
كما وجد أن هذا الفاقد الحراري يزداد كلما ارتفع مستوى الغذاء المأكول، ووجد ايضاً ان نسبة الفاقد الحرارى تختلف حسب نوع الانتاج فوجد كلنر مثلاً ان ١٠٠ كالوري كحرارة فسيولوجية نافعة يتحول منها فقط ٦٩ كيلو كاوري فى اللبن الناتج، وعند انتاج الدهن فى الثيران يتكون نحو ٦٥% فقط، وفى الوقت نفسة فان الخنازير قد يحول ٨٣% منها الى دهن وفى حالة البيض يتكون فقط نحو ١٠%، وفى حالة اللحم من الحيوان الصغير يتكون ٩٠% وعند انتاج العمل فالناتج نحو ٢٥ الى ٣٣%.

ومن ذلك يتضح ان نفس المقدار من المركبات المهضومة او الحرارة الفسيولوجية النافعة يمكن ان تعطى نتائج مختلفة من حيث نوع الانتاج ونوع الحيوان ونوع الغذاء، هذه الاسباب قد توضح نفس" مقياس الغذاء" الذى يعتمد على الطاقة الصافية فى الانتاج لقياس فعل الاغذية المختلفة وقدرتها على الانتاج.

الطاقة القابلة للتمثيل الحقيقى : True ME

نظام الطاقة القابلة للتمثيل الحقيقى لتقييم الاغذية — The T.M.E. System of feed evaluation

نظام الطاقة القابلة للتمثيل الحقيقية — The True Metabolizable Energy



شكل رقم (٤٣) مسارات تمثيل الطاقة فى جسم الكائن الحي

لتقييم الاغذية يتضمن اختبارات بيولوجية :

1- True metabolizabie energy TME. تمثيل الطاقة الحقيقية
2- True available amino acids TAAA. الأحماض الامينية الحقيقية المتاحة
3- True available lipids TAL. الدهون المتاحة الحقيقية
4- True vavilable TAM. العناصر المعدنية المتاحة الحقيقية

وكل اختبار يشمل عمل تصحيحات للفقد التمثيلى علاوة على فقد الهدم الداخلى حيث يتحمل على الجسم وحفظ الحياة Metabolic plus endogenous losses. والفرض بأن هذا الفقد يأتى مباشرة من الغذاء فرض خاطئ، وأهمية عمل التصحيحات للفقد الداخلي للنيتروجين فى البراز والبول Metabolic fecal and endogenous urinary nitrogen (Fm N+UeN). خلال تقييم وتقدير بروتين الغذاء، أخذت فى الاعتبار منذ زمن بعيد بواسطة (Michell, 1942, J.Biol. Chem. 58:873).

ومثل هذه التعديلات والتصحيحات فى مجال الطاقة قد اهتم بها العلماء فى الوقت الحاضر، واصطلاح TME يعكس عدم الثقة فى القدرة على حساب FmE + UeE والتصحيح لقيم طاقة الزرق Fe + UE لمستوى ميزان ازوت صفر (Fen + UEn) يضبط كثير من الاختلافات فى حسابات (FmE + Ue E)، ويعتبر (FmEn+Ue En) اكثر دقة. وقد جاءت تطورات تقدير TME محض صدفة حيث دراسة الاختلافات فى قيم AME (الطاقة القابلة للتمثيل الظاهرية) بين الطيور وأظهرت الايام تأثير واضح وان الملاحظات على الطائر تتغير لأعلي او اقل بتعاقب الايام. وبالبحث عن اسباب هذة المتغيرات أوضحت تأثير واضح للغذاء المأكول وكميته وقيم AME ولذلك تطور التقدير وتم عمل تعديلات فى الحساب وطرق التقدير وامتد الى عناصر غذائية أخري.

والتقدير TME يشمل التغذية بدقة لطائر صائم بكمية معلومة من المادة الغذائية المختبرة وجمع كمى للزرق الناتج. ويتم التغذية على مستويين او اكثر من كل مادة غذائية مختبرة لبيان العلاقة بين العنصر الغذائي الماكول والخارج فى الزرق، وللتسهيل يكون احد هذه المستويات عادة صفر، وقد لوحظ ان الطيور فى حالة الصيام تهدم بروتين جسمها اكثر من الطيور فى حالة التغذية العادية. وهذا يؤثر على الطاقة الخارجة فى الزرق وهذا مدخل تقدير TME.

ويلاحظ ان الفقد فى بروتين الجسم، محتوى الزرق من الطاقة تتأثر بكمية وجودة بروتين المادة الغذائية المختبرة والمشكلة كيفية عمل التصحيح الدقيق لطاقة الزرق فى حالة تغذية الطائر على مستوى ميزان أزوتى صفر، وهناك ضرورة لعمل تصحيحات مماثلة فى تقييم TAM, TAAA.

طريقة اجراء التقدير :

تعتمد طريقة التقدير على صيام الطيور لتفريغ القناة الهضمية من بقايا الغذاء ثم يتم تغذية الطيور بدقة بكميات معلومة من المادة المراد تقدير TME لها ، ويوضع الطائر كل على حدة فى صندوق هضم ملائم يتوفر فيه مياة الشرب للشبع. ويسجل الوقت ويجمع الزرق كمياً لفترة زمنيه محددة. طائر واحد من المكررات لايقدم له غذاء ويعمل a negative control لتقدير فقد الهدم الداخلي فى البراز والبول metabolic + endogenous loss وتجهيز عينات من الزرق والمادة الغذائية المختبرة لتقدير الطاقة الكلية، الاحماض الامينية، الدهون، والعناصر المعدنية. ويتم الحسابات على الاساس التالي:

TX = IX – (FX + UX) + Fm X + Ue X.

TX = العنصر الغذائي المتاح

IX = كمية × فى غذاء الطائر

FX = كمية × فى زرق الطائر
UX =

FmX = فى زرق الطائر الصائم
UeX =

نوع الطائر المستخدم:

والطائر المفضل لهذا التقدير الديوك البالغة لسلالة منتجة للبيض حيث لا يحتاج الى حصي. والانواع الاخرى من الطيور قد تستخدم ولكن الكتاكيت لها قدرة محدودة للتغذية بينما الدجاج البياض الصائم ينتج غالباً بيض بدون قشرة يسهل كسره وتلوثه للزرق. الدجاج البياض قد يكون مفيد فى التقدير TAM حيث يفضل الاحتياجات العالية من العناصر المعدنية. والحصي يستبعد لأنه قد يحتجز فى القونصة وتخرج فى الزرق غير منتظمة، والحصي فى الزرق يتلف ماكينات طحن العينات وتعطي اخطاء كبيرة فى الحسابات وخصوصاً فى موازين العناصر المعدنية القصيرة المدي.

العلائق :

الطيور المستخدمة لابد من حفظها على نفس العليقة. وتركيب العليقة ليس لها أهمية حرجة حيث المفروض ان العليقة ومكوناتها تغطي جميع الاحتياجات الغذائية للطائر. ومعامل كثيرة استخدمت عليقة دجاج بياض بمستوى ١٥% بروتين خلال مدة The maintenance بين التقديرات.

الدور التمهيدى للتجربة:

والصيام التمهيدى لمدة ٢٤ ساعة عادة وقد يحتاج الى فترة اطول اذا كانت العليقة الحافظة تحتوى كميات اساسية من مواد غير قابلة للهضهم ومنعاً للالتباس ينصح بقياس زمن تفريغ القناة الهضمية للعليقة الحافظة قبل مباشرة التقدير. وزيادة الداخل من المادة المختبرة يقلل من تأثير الخطأ التجريبى ويزيد احتمالات reguritation ووجد ان ٣٠-٤٠جم يكون معقول عادة.

واذا زادت كمية العليقة خاصة فى حالة مواد العلف bulky (ذات الحجم الكبير) يؤدى الى crop impaction والطيور المصابة بالتحوصل impaction birds يزيد زمن احتجاز بقايا الغذاء وبالتالي يؤدى لنتائج غير دقيقة باستثناء ما سبق ان تقدير TAM الداخل من المادة المختبرة يجب الا يزيد عن احتياجات الطائر بينما الاحماض الامينية والدهون ومصادر الطاقة الاخري، العناصر المعدنية الزيادة تخرج فى الزرق ويفضل مبدئياً ان المواد الغذائية المختبرة تكون فى صورة Pelletes ولكن ذلك ليس ضرورى اذا كان ساق القمح المستخدم فى التغذية قطرة الداخلي حوالي ١.٠ سم، ويجب الحرص فى تجنب الفقد فى المادة الغذائية بعد التصاقها بالقمع. والمواد المتربة يجب ارتباطها بمادة حامة Carrier مثل ٩٠% ذرة مجروشة، ١٠% زيت، توزن المادة المختبرة قبل اجراء التقدير وتوضع فى زجاجة لحين الاستخدام ويفضل ان تكون الزجاجة من البولى بروبيلين الشفاف (١٣٠ سم) مع غطاء محكم. وتؤخذ عينات من المادة المختبرة وتوزن لتقدير المادة الجافة على نفس وقت تجهيز زجاجات حفظ العينات. وهذا التوقيت مهم لتجنب الاخطاء المرتبطة سواء بفقد العينات ام بتشبعها بالرطوبة أثناء الحفظ، ويتم اجراء باقى التحليلات بعد ذلك على اساس المادة الجافة.

جمع الزرق :

تحفظ الطيور فردياً فى اقفاص سلك مركبة فى بطاريات مجهزة وتشرب من خلال نظام حلمات والتغذية بغذايات أمام الاقفاص ويمر الغذاء لكل مجموعة من الاقفاص. عند بداية التقدير يبدأ الصيام بازالة الغذاء من الغذايات واذا كان نظام الشرب من خلال troughs فيجب ازالة بقايا الغذاء الموجودة فى مياة الشرب وكذلك يزال بقايا الغذاء الملتصقة بالاقفاص، ويوضع صواني جمع الزرق تحت كل طائر، يفضل ان تكون هذه الصواني من البلاستيك الناعم وتكون اكبر من قاعدة القفص لتقليل فرص فقد الزرق.

ويجب ملاحظة ان مسك الطيور تسبب فقد فى الوزن والريش يجعل التقدير الكمي للزرق فى غاية الصعوبة وللتغلب على تلك المشكلة يتم نفخ صواني جمع الزرق بعد ساعة من التسكين للطيور. ويجمع الزرق بعد حوالى ٢٤ ساعة ومرة اخري بعد ٤٨ ساعة بالضبط بعد التسكين وممكن الاكتفاء بالجمع بعد ٤٨ ساعة مرة واحدة ولكن الجمع المزدوج مفضل حيث يقلل فساد الزرق وتلونة. وقد وجد بالتجربة ان فترة الجمع ٢٤ ساعة غير كافية لتمام ازالة بقايا المواد الغذائية من القناة الهضمية للطائر. ويزال بقايا المواد الغذائية من صواني جمع الزرق. تجمد عينات الزرق من كل طائر وتترك لمعادلة رطوبة الجو مع رطوبة العينة ويطحن جيداً لتمام التجانس. ويفضل التجفيف بالتجميد حيث تجعل الزرق سهل الطحن.

ولتقدير TME وليس لتقدير TAL أو TAAA تجفف الزرق فى فرن التجفيف بدون تأثير على القيم النهائية وفى بعض المعامل الزرق من طيور كثيرة تجمع فى عينة واحدة لتقليل العمل والجهد، وهذه الطريقة لا تغير من TAM, TAL, TAAA, TME المحسوبة ولكن تحدد القدرة على تقليل الاختلافات وعمل مقارنة بين العينات. والتجارب الحديثة اوضحت أهمية تصحيح قيم TAE الى ميزان نيتروجينى صفر (TAM n).

والخطوة الاولى فى حسابات تصحيح طاقة الزرق (FE + UE) الى ميزان نيترجينى صفر (FE n + UE n) كمايلى:
(FE n + UE n) = (FE + UE) + K (IN – FN – UN) حيث : K = ثابت خاص بقياس محتوى الطاقة الكلية فى نواتج الاخراج (الزرق) الناتج من هدم وحده الوزن لنيتروجين الجسم، IN = النيتوجين المأكول كمادة مختبرة، FN = نيتروجين البراز، UN = نيتروجين البول.

وللطيور الصائمة IN = صفر.

فى معظم التقديرات (K (IN – FN – UN سالب وبالتالى فان (FE n + UE n) عادة أصغر من (FE + UE).

وأفضل تقدير لطاقة الزرق المصححة بالنيتروجين فى حالة الطائر الصائم كما يلى (Fm En + Ue En) وتحسب قيم TME كما يلى : TMEn = IE – (FEn + UEn) + (Fm E + Ue En).

حيث IE = كمية الطاقة (المادة المختبرة) المأكولة للطائر.

احتياجات :

القائمة التالية من الاحتياطات وقيم التقديرات على درجة عالية جداً من الدقة وهذه القائمة تشمل معظم الاسباب الشائعة للقيم الأعلى والاقل من القيم الشائعة:

١- يجب ان تكون الطيور سليمة صحياً.
٢- يجب تغذية الطيور المشتركة فى التقدير على نفس العليقة الحافظة بين التقديرات.
٣- يجب الا تعتمد الطيور الطيور Grit-free فى غذائها على وجود حصي.
٤- المادة المختبرة يجب تقدير المادة الجافة فيها فى وقت تجهيزها وتعبئتها كعينات وايضاً عند تجهيزها لتغذية الطيور.
٥- اذا كانت المادة المختبرة متربة او هيجروسكوبية يجب تحميلها على Carrier عند التغذية ويجب أن يخضع هذا الـ Carrier للتقدير.

٦- الطيور المشتركة فى التقدير يجب ان تصوم لمدة كافية لتفريغ القناة الهضمية من بقايا الغذاء.
٧- يزال الغذاء للصيام تماماً (يلاحظ ان الاغذية الملتصقة بالاقفاص يتغذي عليها الطائر اذا كان لا يوجد امامة غذاء سوي ذلك الغذاء الملتصق بالقفص).
٨- يجب امداد الطيور بالمياة نقية نظيفة للشبع.
٩- ازالة بقايا الغذاء والريش من صواني جمع الزرق.
١٠- فترة جمع الزرق يجب ان تكون متساوية لجميع الطيور المشتركة فى التقدير.
١١- فى حالة استخدام ديوك بالغة فان كمية الغذاء المأكول ٣٠-٤٠جم وفترة جمع الزرق ٤٨ ساعة تكون كافية.
١٢- فى حالة استخدام طيور اخرى وبكمية غذاء مختلفة يجب عمل دور تمهيدى للتجربة لمعرفة طول فترة الجمع للزرق.
١٣- جمع الزرق يجب ان يكون كمياً ومحاولة ان يكون نظيفاً خالي من بقايا الغذاء والريش.
١٤- الزرق الجاف يجب اتزانه ومعادلته مع رطوبة الجو او العمل على ثبات رطوبته بين الوزن والتحليل.

أسباب زيادة القيم عن الطبيعى:

١- عدم تمام ازالة بقايا الغذاء من القناة الهضمية.
٢- عدم تمام جمع الزرق وقد يوجد بقايا زرق لم تزل على صواني الجمع.
٣- اخطاء الوزن او تجهيز المادة المختبرة.
٤- اخطاء فى التحاليل.

أسباب انخفاض القيم عن الطبيعى :

١- الصيام الابتدائى ليس كافياً وبقايا العليقة الحافظة قد تاتى من المادة المختبرة.
٢- قد يأكل الطائر اثناء الصيام بعض البقايا الغذائية فى الاقفاص.
٣- قد يختلط بقايا الغذاء مع الزرق المجموع.
٤- قد يختلط الريش مع الزرق المجموع.
٥- اخطاء فى التجهيز والتحليل.

مدى الاتاحة الحقيقية للأحماض الامينية True Availabile Amino Acids (TAAA) التقدير الحيوى للطاقة التمثيلية الحقيقية (TME). مدي الاتاحة الحقيقية للأحماض الامينية True Availabile Amino Acids (TAAA) تشمل هعمل تصحيحات للفقد التمثيلي والهدم الداخلىCorrection for metabolic and endogenous losses والتى تقاس على الطيور الصائمة. ومدي صحة تلك التصحيحات غير ثابتة حيث ان الفقد التمثيلى والهدم الداخلى يتأثر بكمية ونوعية الغذاء المستهلك.

من خلال التقدير الحيوى للطاقة التمثيلية الحقيقية وجدت علاقة خطية بين الطاقة الخارجة فى الزرق والغذاء المستهلك، كذلك وجد أن التغذية على دكستروز وزيت الذرة فإن كمية الطاقة الخارجه فى الزرق تختلف عن الطاقة الخارجية فى زرق الطيور الصائمة.

كذلك وجد علاقات خطية بين الحامض الامينى الخارج فى الزرق والحامض الامينى فى الغذاء. من خلال تقدير مدى الاتاحة الحقيقية للأحماض الامينية. الاعتراضات الخطية (بين الخطوط)تطابق قيم الحصول عليها من الطيور الصائمه، وعند التغذية على الدكستروز بمفردة فان خروج الأحماض الامينية فى الزرق لا تتغير.

وعند اعادة تقييم البيانات المتحصل عليها بواسطة العالم Sibbald (1979) وجد ان الاعتراضات فى انحدار الاحماض الامينية المفرزة فى الزرق على الاحماض الامينية فى الغذاء لاتختلف عن القيم المتحصل عليها في حالة الطيور الصائمة.

من خلال تلك المعلومات اقترح ان التصحيحات اللازمة للأغراض التطبيقية ممكن أن تقوم على اساس زرق الطيور الصائمة. وهناك تدعيم لذلك يأتى من التجارب التى اوضحت ان تخفيف مواد العلف (باستثناء الدهون) بعلائق معلومة قياسية Reference diets لا تتغير قيم TME لها. وحدثياً وجد أن تناول الديوك البالغة Silica gel يزيد من طاقة الفقد التمثيلى والهدم الداخلي M+E energy output وايضاً اضافة Silca gel الى الذرة يقلل من قيم TME.

وهناك دليل ان M+E energy losses تتغير مع استمرارية فترة الصيام، وهذه المعلومة هامة جداً عن التغيير فى صورة العليقة. ومن الواضح ان الطيور الصائمه تعانى من الصيام بشدة بالمقارنة بالطيور العادية التى تصوم لمدة ٢٤ ساعة فقط ثم تتغذى على كمية قليلة من الغذاء.

وقد وجد أن التجارب التى تشتمل على فترة حمع الزرق ٢٤ ساعة، ٤٨ ساعة فان قيم TME لمواد العلف التى تتخلص القناة الهضمية من بقاياها خلال ٢٤ ساعة لا تتغير معنوياً باستمرارية فترة جمع الزرق.

$$\text{TAAA}(\%) = \frac{\text{AA input} - (\text{AA output} - \text{Correction}) \times 100}{}$$

AA input

ويمكن حساب القيم الهضمية للبروتين الحقيقية True Protein Digestibility (TPD) وكذلك قيم الحامض الامينى المتاح الحقيقية True Amino Acid Availability (TAAA) بالمعادلات التالية:

True Protein Values (TPD) and True Amino Acid Availability (TAAA) for each amino acid were calculated using the following equations.

مدى الاتاجة الحقيقية للأحماض الامينية = [الاحماض الامينية المأكولة – (الاحماض الامينية المفرزة فى الزرق – معامل التصحيح) × ١٠٠] / الاحماض الامينية المأكولة

$$TPD\ \% = \frac{PI\ (FP_f - FP_s)}{PI} \times 100$$

$$TAAA\ \% = \frac{AA_i - (AA_{ef} - AA_{es})}{AA_i} \times 100$$

TPD% القيمة الهضمية للبروتين الحقيقية = [البروتيم المستهلك فى غذاء الطائر – (البروتين الخارج فى الزرق – البروتين من زرق الطائر الصائم)] / البروتين المستهلك فى غذاء الطائر × ١٠٠

TAAA% قيمة الحامش الامينى المتاح الحقيقية = [الحامض الامينى المستهلك فى غذاء الطائر –(الحامض الامينى الخارج فى زرق الطائر – الحامض الامينى فى زرق الطاشر الصائم)] / الحامض الامينى المستهلك فى غذاء الطائر × ١٠٠

البروتين والاحماض الامينية : Protein and Amino Acids

البروتين مصطلح يشير عادة الى البروتين الخام CP (يقاس محتوى البروتين الخام كمحتوى نتروجين × ٦.٢٥) فى جداول الاحتياجات ، والبروتين مطلوب فى العليقة كمصدر للأحماض الامينية (AAs) والتى تعتبر اللبنات الاساسية لتشكيل الجلد ، والانسجة العضلية ، والريش ، والبيض ، الخ ٠٠٠ تكون بروتينات الجسم فى حالة ديناميكية مع التخليق والتحلل (الهدم) التى تحدث باستمرار ، وبالتالى يحتاج الى الاحماض الامينية (AAs) الغذائية المأكولة وتكون بالكميات الثابتة والمضبوطة والمناسبة لتناول بروتين الغذاء غير مناسب (AAs) ينتج عنه انخفاض او وقف للنمو او الانتاجية والتداخل فى وظائف الجسم الاساسية ٠

يوجد عدد ٢٢ حامض امينى فى جسم الطائر ، منها عشرة اساسيين essential AA (EAA) (الاحماض الامينية الاساسية): الارجنين ، ميثانونين ، هستدين ، فينايل آلانين ، أيزوليوسين ، ليوسين ، ليسين ، ثريونين ، تربتوفان ، والفالين اى لا يمكن تكوينها من قبل الجسم ويجب ان يكون مصدرها من العليقة ٠ يكون حمض السستين وتيروزين شبة اساسيين semi-essential اى انها يمكن تكونها من الميثايونين والفينايل آلانين على الترتيب ، والاحماض الباقية غير اساسية non-essential AA (NEAA) ويمكن ان يكونها الجسم ٠

حامض الميثايونين هام فى تكوين الريش وبشكل عام ، هو الحامض الامينى المحدد الاول The first limiting AA ولذلك ، فانه يجب ان يكون على المستوى الصحيح فى العليقة ، مستوى الحامض الامينى المحدد الاول فى العليقة يحدد عادة امكانية استخدام الاحماض الامينية الآخرى ٠ اذا كان الحامض الامينى المحدد الاول يوجد فقط بنسبة ٥٠% من الاحتياجات فان كفاءة استخدام الاحماض الامينية الاساسية الاخرى سوف تكون محددة بنسبة ٥٠% ، وهذا يفسر مفهوم لماذا لا يصاحب نقص افراد الاحماض الامينية علامات نقص معينه وأى نقص فى حامض امينى اساسى EAA ينتج عنه نقص عام فى البروتين ، تكون العلامة الاساسية عادة انخفاض فى الماكول من العليقة مصحوبة بزيادة فى هدر العليقة ، وضعف النمو والانتاج وغير اقتصادى٠ ولا يخزن الزيادة فى الاحماض الامينية فى الجسم ولكنها تخرج فى البول كمركبات نتروجينية ٠ وعلى الرغم من احتياجات البروتين فى حد ذاته لم يعد مناسباً فى جداول الاحتياجات فإن اشتراط الاحتياج الغذائى لكل من البروتينات والاحماض الامينية الاساسية يكون وسيلة ملائمة لتأكيد ان كل الاحماض الامينية التى يحتاج اليها فسيولوجياً يجب توفيرها بنسب صحيحة فى العليقة (NRC, 1994) فى معظم علائق الدواجن، جزء من كل الاحماض الامينية التى تكون موجودة لاتكون متاحة بيولوجياً للحيوان ، هذا لأن معظم البروتينات لاتهضم بصورة كاملة ولا تمتص الاحماض الامينية بصورة كاملة ، الاحماض الامينية فى بعض البروتينات مثل البيض او اللبن تكون تقريباً متاحة حيوياً بالكامل ، فى حين تلك التى فى البروتينات الآخرى مثل بذور نباتات معينه تكون اقل فى الاتاحة

البيولوجيةً، ولهذا فإن الدقة تكون اكثر عند التعبير عن احتياجات الاحماض الامينية AA بمصطلحات الاتاحة البيولوجية (او القابليه للهضم) للأحماض الامينية ٠

تختلف الاحتياجات من البروتين والاحماض الامينية تبعاً للعمر ومرحلة التطور ، ويحتاج دجاج اللحم لاحتياجات كبيرة من الاحماض الامينية لتلبية احتياجات النمو السريع وترسيب الانسجة احتياجات الديوك التامة النمو اقل فى الاحتياجات للأحماض الامينية من دجاج وضع البيض ، على الرغم من حجم اجسامها أكبر واستهلاكها من العلف مماثل ، ويحدد حجم الجسم ، معدل النمو ، وانتاج البيض جينات الطيور ، وبالتالى فإن احتياجات الاحماض الامينية تختلف ايضاً بين الانواع وسلالات الدواجن ، وعادة تكون الاحتياجات الغذائية للأحماض الامينية والبروتين نسب من العليقة ، ومع ذلك فان مستوى استهلاك العلف يجب ان يؤخذ فى الحسبان لضمان مناسبة المستهلك الاجمالى من البروتين والاحماض الامينية قيم الاحتياجات من البروتين والاحماض الامينية الواردة فى NRC (1994) مناسبة للدواجن التى تربى فى درجة حرارة معتدلة (١٨ – ٢٤°م) واذا كانت درجات الحرارة خارج هذا النطاق قد تسبب فى احداث استجابة عكسية فى استهلاك العلف ، مثال ذلك ان انخفاض درجة الحرارة ، يزيد من استهلاك العلف والعكس بالعكس (NRC, 1994) وبالتالى ، فان المستويات الغذائية من البروتين والاحماض الامينية تعمل على تلبية الاحتياجات التى ينبغى ان تزيد فى البيئات الحارة وتنخفض فى البيئات الباردة ، وفقاً للإختلافات المتوقعة فى المستهلك من الغذاء وتهدف هذه التعديلات للمساعدة على ضمان المأكول اليومى من الاحماض الامينية ٠

لتحقيق الآداء الامثل يجب توفير الكميات الكافية من الاحماض الامينية الاساسية (EAA) والطاقة الكافيه والمركبات الغذائية الضرورية الاخرى فى العليقة ، تفترض القيم المطلوبة من البروتين الخام (CP) من قبل (NRC, 1994) ان عليقة الاذرة / الصويا ذات معامل هضم مرتفع ٠ من المستحسن ضبط القيم المستهدفة الغذائية عندما تكون العلائق مؤسسة على مواد علف منخفضة فى معاملات الهضم وقد قدرت الاتاحة البيولوجية للإحماض الامينية الاساسية فى مدى واسع بواسطة الطريقة الابتدائية بقياس نسبة الاحماض الامينية الغذائية التى اختفت من القناة الهضمية عند وصول المادة المهضومة فى نهاية اللفائفى باستخدام الطيور المعاملة جراحياً ٠ مع ذلك تكون تفسير البيانات معقدة بعض الشئ٠ القيم المقاسة بواسطة هذه الطريقة يكون الأصح تسميتها معاملات هضم اللفائفى **ileal digestibilities** بدلاً من الاتاحة البيولوجية bioavailabilities لأن امتصاص الاحماض الامينية AA_S يكون احياناً فى صورة لا يمكن استخدامها بالكامل فى عملية التمثيل الغذائى ، وعلاوة على ذلك مالم يتم تصحيح المفقودات من الاحماض الامينية الجسميه، تكون القيم ظاهرية أكثر من حقيقية ، تقديرات الاحتياجات تؤسس على افتراض أن الـ profile بروفيل الأحماض الامينية الاساسية المتاحة حيوياً يجب أن تظل ثابتة نسبياً خلال جميع مراحل النمو ، وان البروفيل يختلف قليلاً ليكون اكثر ملائمة لانتاج البيض ، البروفيل المطلوب يسمى البروتين المثالى ideal protein (IP) ٠ يقل الاحتياج من البروتين الخام عندما يقترب طرز الاحماض الامينية الاساسية فى الغذاء من التى فى البروتين القياسى (IP) ٠ والأقرب فى تركيب الاحماض الامينية الاساسية (EAA) الموجودة فى العليقة من تركيب البروتين القياسى (IP) ، هو الأكثر كفاءة فى الاستفادة من العليقة والأقل فى مستوى النتروجين المفرز ٠ تستخدم الطاقة أيضاً اكثر كفاءة عند هذه النقطة ومن ثم تكون الاستفادة من كل من البروتين والطاقة يكونا الى اقصى حد ٠

استعرض Van Cauwenberghe and Burnham (2001) and Firman and Boling (1998) تقديرات مختلفة من النسب المثالية للأحماض الامينية الاساسية AA_S فى علائق دجاج التسمين ، الدجاج البياض والرومى على اساس المهضوم من الاحماض الامينية AA_S وحامض الليسين كحامض امينى محدد اول جدول (3-3-3.1) ٠ مواد العلف الرئيسية فى علائق الدواجن هى الحبوب النجيلية (cereal grains) مثل الاذرة ، الشعير ، القمح ، والسورجم وعادة توضع بنسبة ٣٠-٦٠% كاحتياجات كلية من الاحماض الامينية ، ويجب استخدام مصادر اخرى للبروتين مثل مسحوق كسب فول الصويا ومسحوق الكانولا canola meal لتأمين اوضمان الكميات الكافية والتوازن السليم للأحماض الامينية الاساسية AA_S ٠ ويعتبر مستويات البروتين ضرورية لتوفير مأكول مناسب كافى للطائر من الاحماض الامينية الاساسية AA_S وسوف يعتمد على مواد العلف المستخدمه ٠ مواد العلف التى تحتوى على نوعية عالية من البروتين (نمط من الاحماض الامينية مشابهة لاحتياجات الطيور) او مخلوط من مواد العلف الذى فيه نمط الاحماض الامينية لأحد الانماط مكملة للنمط الآخر لضمان توفير الاحتياجات من الاحماض الامينية الاساسية بأقل مستويات من البروتين الغذائى عن مواد العلف مع أقل الاحماض الامينية نمطاً مطلوباً ٠ وهذا امر هام اذا كان احد الاهداف هو تقليل افراز النتروجين ٠

جدول رقم (٧٠): التقدير المثالى لنمط الاحماض الامينية الغذائية لدجاج التسمين منسوباً الى الليسين فى ١٠٠

الأحماض الامينية	NRC, 1994	Baker and Han, 1994	Lippens et al., 1997	Gruber, 1999	Mack etal., 1999
ليسين	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
أرجنين	١١٤	١٠٥	١٢٥	١٠٨	ND
ايزوليوسين	٧٣	٦٧	٧٠	٦٣	٧١

ميثايونين	٤٦	٣٦	ND	٣٧	ND
ميثايونين + سيستين	٨٢	٧٢	٧٠	٧٠	٧٥
ثريونين	٧٣	٧٠	٦٦	٦٦	٦٣
تربتوفان	١٨	١٦	ND	١٤	١٩
فالين	٨٢	٧٧	ND	٨١	٨١

*- النتروجين المهضوم = غير مقدر ٠

جدول رقم (٧١): تقدير النمط المثالى للأحماض الامينية الغذائية لدجاج البيض ، منسوباً الى الليسين فى ١٠٠

الأحماض الامينية	NRC, 1994	CVB, 1994	ISA, 1996/97	MN, 1998
ليسين	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
أرجنين	١٠١	ND	ND	١٣٠
ايزوليوسين	٩٤	٧٤	٨٢	٨٦
ميثايونين	٤٣	٤٥	٥١	٤٩
ميثايونين + سيستين	٨٤	٨٤	٨٨	٨١
ثريونين	٦٨	٦٤	٧٠	٧٣
تربتوفان	٢٣	١٨	٢٢	٢٠
فالين	١٠١	٨١	٩٣	١٠٢

*- النتروجين المهضوم = غير مقدر ٠

جدول رقم (٧٢): التقدير المثالى لنمط الأحماض الامينية الغذائية لبادئ دجاج البيض ، منسوباً الى الليسين فى ١٠٠

الأحماض الامينية	
ليسين	١٠٠
أرجنين	١٠٥
هستدين	٣٦
ايزوليوسين	٦٩
ليوسين	١٢٤
ميثايونين + سيستين	٥٩
فينايل الانين + تيروزين	١٠٥
ثريونين	٥٥
تربتوفان	١٦
فالين	٧٦

بروفيل الاحماض الامينية الاساسية AAs فى مادة العلف يكون هو المحدد الرئيسى من قيمته بوصفة مصدر البروتين اذا كان البروفيل قريب الى المحتوى فى البروتين المثالى IP (كما هو الحال فى الاسماك واللحوم) ، فانه يعتبر ذات جودة عالية من البروتين تصحيح تكوين النظام الغذائى للعليقة يضمن ان الاحماض الامينية الاساسية الغذائية (يفضل على أساس الاتاحة البيولوجية) تكون أقرب الى البروتين المثالى IP بقدر الامكان ومع الحد الادنى من زيادة الاحماض الامينية الاساسية ٠ الاحتياجات من الاحماض الامينية المحسوبة فى الجدول ، على اساس مفهوم البروتين المثالى IP (NRC, 1994) ٠ العوامل التى تؤثر على مستوى استهلاك العلف لها تأثير علي الاحتياجات ، الحد من المستهلك من الغذاء المتوقع يتطلب زيادة تركيز الاحماض الامينية الاساسية فى الغذاء وتبعاً لذلك يمكن تخفيض تركيز الاحماض الامينية الاساسية عند زيادة المستهلك من الغذاء ٠

الطرق المختلفة لتقييم البروتين:

إتضح ضرورة تقييم مادة العلف قبل التغذية عليها بدءاً بإجراء تجربة الهضم وتقدير معامل هضم المركبات الغذائية المختلفة ثم تقدير ميزان النتروجين ثم تقدير محتوي مادة العلف من الطاقة الفسيولوجية النافعة سواء الظاهرية AME أو الحقيقة TME. واستكمالاً للموضوع نستعرض فيما يلي كيفية تقيم الحتوي البروتيني لمادة العلف وخاصة عندما تكون من مواد العلف المركزة مصدر البروتين سواء كانت من أصل نباتي أو من أصل حيواني. وهناك العديد من الطرق المستخدمة لتقييم البروتين نوجزها فيما يلي:

أولاً : طرق تعتمد علي تقدير وحساب كمية النتروجين المحتجز داخل الجسم :

١- ميزان الأزوت : (N.B) Nitrogen Balance

حيث تقدر النيتروجين فى كل من الغذاء المأكول والزرق الجاف الخارج من خلال تجربة هضم ثم يحسب النيتروجين المحتجز كنسبة مئوية من النيتروجين الماكول.

مثال :

طائر يأكل فى المتوسط ١٠٠جم/اليوم من غذاء يحتوي علي ٢٠% من البروتين الخام ويخرج زرق جاف متوسطة ٢٥جم/اليوم ويحتوي علي ١٤% بروتين خام. إحسب النسبة المئوية للنيتروجين المحتجز بالجرام (ميزان الأزوت%).

الحل :

مقدار النيتوجين المأكول في الغذاء = (١٠٠×٢٠) ÷ (١٠٠×٦.٢٥) = ٣.٢٠ جم / اليوم.

مقدار النيتروجين الخارج في الزرق الجاف = (٢٥×١٤) ÷ (١٠٠×٦.٢٥) = ٠.٥٦ جم / اليوم.

مقدار النيتروجين المحتجز بالجسم = ٣.٢٠ – ٠.٥٦ = ٢.٦٤ جم / اليوم.

النسبة المئوية لميزان الأزوت = (٢.٦٤ × ١٠٠) ÷ (٣.٢٠) = ٨٢.٥ %.

٢- القيمة الحيوية للبروتين : (B.V) Biological Value

وتقدر من خلال اجراء تجربة الهضم. ويعبر عنها بالنسبة المئوية للنيتروجين المحتجز داخل الجسم منسوباً الي مقدار المهضوم من نيتروجين الغذاء.

(apparent) B.V = (النيتروجين المأكول – النيتروجين الخارج في الزرق) × ١٠٠/ (النيتروجين المأكول – النيتروجين الخارج من الروث)

وهنا يتطلب الأمر فصل الروث أو نيتروجين الروث من الزرق الجاف.

والقيمة الحيوية (B.V) المقدرة بالطريقة السابقة يطلق عليها لفظ القيمة الحيوية الظاهرية Apparent حيث لم يؤخذ في الاعتبار مقدار النيتروجين الخارج في كل من الروث والبول ومصدرهما جسم الطائر نفسه ويسمي الجزء الخارج في الروق نيتروجين الروث التمثيلي (FMN) أو Fecal Metabolic Nitrogen أما الجزء الثاني فيسمي نيتروجين البول الداخلي UEN Urinary Endogenous Nitrogen) وعند اخدهما في الاعتبار كما في المعادلة التالية نحصل علي القيمة الحيوية الحقيقية True.

(True) B.V = [النيتروجين المأكول – (نيتروجين الروث – FMN) + (نيتروجين البول – UEN)] × ١٠٠ / [النيتروجين المأكول – (نيتروجين الروث – FMN)].

وكما يتضح من المعادلة في حساب القيمة الحيوية الظاهرية لابد من فصل نيتروجين الروث من الزرق الجاف بالطرق الكيماوية السابق توضيحها عند اجراء تجربة الهضم. كما يتطلب الأمر ايضاً معرفة مقدار كل من FMN ، UNE. وفيما سبق كان من السهل حساب الـ FMN علي اساس نصف جرام نيتروجين لكل ١٠٠ جرام من المادة الجافة المأكولة أما الجزء الثاني وهو UEN فيساوي ٠.١٤٦ × (وزن الجسم)$^{٠.٧٥}$ وحديثاً يمكن تقدير جزئي النيتروجين الخارج في الزرق (UEN ، FMN) من خلال تجربة هضم يستخدم فيها مجموعة من الطيور الصائمة Fasted أو (no feed) مع تقديم ماء الشرب لها بحرية كاملة كما سبق ذكره عند تقدير الطاقة الفسيولوجية النافعة الحقيقية TME. وفي هذه الظروف يحتوي الزرق الجاف للطيور الصائمة علي كل من نيتروجين الروث FME ونيتروجين البول UEN ومصدرهما جسم الطائر نفسه.

٣- القيمة الاحلالية للبروتين : (R.V) Replacing value

وتعبر هذه القيمة (R.v) عن مدي احلال مادة العلف المختبرة محل مادة علف أخري قياسية مثل كازين اللبن أو البيومين البيض Standard ذات المحتوي البروتيني الجيد او عالي الجودة. وفي هذه الطريقة يستخدم مجموعتين من الطيور متماثلين تماماً وتحت نفس الظروف حيث تغذي إحدي المجموعتين علي مادة العلف المختبرة وتغذي الأخري علي مادة العلف القياسية Standard بشرط تساوي مقدار البروتين المأكول للجموعتين. ومن خلال حساب مقدار النيتروجين المحتجز بالجسم وكذلك النسبة المئوية لميزان الآزوت يمكن القيمة الاحلالية (R.V) للبروتين في مادة العلف المختبرة.

مثال :

النتائج التالية توضح إجراء تجربة هضم لتقدير القيمة الاحلالية للبروتين في مادة علف (س) باستخدام مجموعتين من الطيور تغذت الأولي على الكازين Casein (مادة قياسية) والمجموعة الثانية علي مادة العلف المختبرة (س) كما فى التالي.

الجدول رقم (٧٣) :

	مجموعة الكازين (القياسية)	المجموعة (س) (المختبرة)
مقدار الغذاء المأكول جم/الطائر/اليوم	٧٥	١٠٠
% بروتين الخام في الغذاء	٨٠	٦٠
مقدار الزرق الجاف جم/الطائر/اليوم	٢٠	٢٥
% للبروتين الخام في الزرق	١٥	١٨

والمطلوب تحديد الى اى مدي يمكن للمادة الغذائية المختبرة (س) أن تحل محل الكازين أو حساب القيمة الإحلالية لمادة العلف المختبرة (س).

جدول رقم (٧٤): الحل

	مجموعة الكازين (القياسية)	المجموعة (س) (المختبرة)
مقدار البروتين المأكول جم/اليوم	(٧٥×٨٠)÷١٠٠ = ٦٠	(١٠٠×٦٠)÷٦٠ = ٦٠
مقدار النيتروجين المأكول جم/اليوم	(٦٠÷٦.٢٥) = ٩.٦	(٦٠÷٦.٢٥) = ٩.٦
مقدار البروتين الخارج جم/اليوم	(٢٠×١٥) ÷ ١٠٠ =٣	(٢٥×١٨) ÷ ١٠٠ =٤.٥
مقدار النيتروجين الخارج جم/اليوم	(٣÷٦.٢٥) = ٠.٤٨	(٤.٥÷٦.٢٥) =٠.٧٢
مقدار النيتروجين المحتجز جم/اليوم	٩.٦٠-٠.٤٨=٩.١٢	٩.٦٠-٠.٧٢=٨.٨٨
% ميزان الآزوت	(٩.١٢×١٠٠)÷(٩.٦) =٩٥%	(٨.٨٨×١٠٠)÷٩.٦ = ٩٢.٥%

وعلي ذلك فإن القيمة الاحلالية = ١٠٠-١٠٠[(ميزان الأزوت (.St) – ميزان الأزوت (س)]
النيتروجين المأكول = ١٠٠-١٠٠ (٩٥-٩٢.٥) / (٩.٦) = ٧٤%.
وهذا الرقم ٧٤% يعني أن المادة المختبرة (س) يمكن أن تحل محل ٧٤% من المادة القياسية Standard أو الكازين للحصول علي نمو جيد للطيور أي دون أي تأثير سلبي علي النمو وذلك كحد أقصي للإحلال.

طرق تعتمد على تقدير المحتوي الكلي للجسم من النيتروجين :

١- الاستفادة الصافية للبروتين : Net Protein Utilization (NPU)

فى هذه الطريقة يستخدم مجموعتين من الطيور متماثلتين تماماً. تغذي إحدي المجموعتين علي مادة العلف المختبرة (س) أما المجموعتين علي مادة العلف المختبرة (س) أما المجموعة الأخري فتغذي علي غذاء خاليى تماماً من النتروجين ويسمي Nitrogen Free Diet (NFD) وذلك بغرض التعرف علي مقدار النيتروجين اللازم لحفظ الحياة Maintenance.
ومن اهم شروط إجراء هذا التقدير الا يزيد محتوي الغذاء المختبر (س) من البروتين الكلي عن ١٣% وذلك لوجود تناسب عكسي بين البروتين الكلي في الغذاء وقيمة الاستفادة الصافية من محتواه البروتيني NPU حيث ثبت بالتجارب العملية انخفاض قيم الاستفادة الصافية للبروتين NPU بزيادة محتوي البروتين في الغذاء عن ١٣% وقد أكدت الدراسات ايضاً ان أفضل تقدير لقيمة الـ NPU يكون عن مستوي ١٣% من بروتين الغذاء. وفي هذه الطريقة تغذي المجموعتين من الطيور لمدة ١٤ يوم ثم تخنق Killed وتجفف بالـ Freeze Dry ثم يقدر النيتروجين الكلي في جسم طيور كل من المجموعتين.
% NPU = ١٠٠ [(محتوي الجسم من النيتروجين الكلي (س) – (محتوي الجسم من النيتروجين الكلي (NFD)]/النيتروجين المأكول في المجموعة (س).

٢- كفاءة البروتين المحتجز : Protein Retention Efficiency (PRE)

في الطريقة السابقة وبدلاً من قتل الطيور Killing وتقدير المحتوي الكلي لنيتروجين الجسم عملياً .. يمكن فقط تسجيل متوسط وزن الطيور في كل من المجموعتين قبل وبعد نهاية فترة التغذية. ثم تحول الزياة في الوزن (في المجموعة س) أو الفقد في الون (في المجموعة NFD) الي ما يساوية او يقابلة من نيتروجين داخل الجسم وذلك بمعلومية محتوي الجسم من البروتين الخام وهو في المتوسط = ١٨%.
% PRE = [(الزيادة في وزن الجسم(س)–الفقد في الوزن (NFD)] × ٠.١٨ × ١٠٠ / البروتين المأكول (س).

طرق تعتمد علي النمو :

١- الكفاءة الغذائية للبروتين : Protein Efficiency Ratio (PER)

وهي عبارة عن النسبة بين الزيادة في وزن الجسم ومقدار البروتين المأكول فيى فترة محددة. حيث يقدم لمجموعة من الطيور غذاء عادي متكامل ويغطي كل الاحتياجات الغذائية وذلك لمدة اسبوعين ثم يحدد متوسط وزن جسم الطائر الحي (نقطة البداية). بعد ذلك يقدم لنفس مجموعة الطيور الغذاء المختبر (س) بشرط احتواء هذا الغذاء المختبر علي ١٠٠% فقط من مادة العلف المراد تقييمها حيث أثبتت الدراسات وضوح التأثير الإيجابي او السلبي للبروتين في مادة العلف المختبرة (س) عند المستوي المنخفض منه بينما يختفي هذا التأثير تماماً عند استخدام المستويات العالية للبروتين. ثم تستمر التغذية لمدة ١٤ يوماً بعدها يقدر أيضاً متوسط وزن الجسم الحي لمجموعة الطيور وكذلك مقدار البروتين المأكول فى هذه الفترة.
PER = (الزيادة في متوسط وزن الجسم في الفترة من ١٤-٢٨ يوم) ÷ (البروتين الماكول في هذه الفترة).

٢- الكفاءة الكلية للبروتين : Total Protein Efficiency (TEP)

تتشابة هذه الطريقة الي حد كبير مع الطريقة السابقة (PER) وفيها تستخدم مجموعة من الطيور ويقدم لها غذاء عادي متكامل يحتوي علي ٢١% من البروتين الخام وذلك من عمر الفقس (عمر يوم) حتي عمر (١٤يوم). ثم تغذي الطيور بدءاً من هذا العمر (١٤ يوم) ولمدة اسبوعين (عمر ٢٨ اسبوع) علي الغذاء المختبر (س) بشرط احتواؤه علي ١٨% من البروتين الخام علي أن يكون ثلثي هذه القيمة (١٢%) من الغذاء المختبر (س) والثلث المتبقي (٦%) من الحبوب ومخلفاتها. بعد انقضاء المدة توزن الطيور ويحسب متوسط وزن الجسم الحي للطائر.
TPE = (الزيادة في وزن الجسم في الفترة من ١٤-٢٨ يوم) ÷ (البروتين المأكول في هذه الفترة).

تقييم البروتين بتقدير محتواه من الأحماض الأمينية الضرورية :

يقدر محتوي مادة العلف (س) من البروتين ثم محتوي البروتين من الاحماض الامينية. ومن هذه التقديرات يمكن حساب القيم التالية :

١- دليل الأحماض الامينية الضرورية : Essential Amino Acid Index (EAAI)

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{aa_1}{AA_1} \times \frac{aa_2}{AA_2} \times \frac{aa_3}{AA_3} \times \ldots\ldots\ldots\ldots \times \frac{aa_n}{AA_n}}$$

حيث aa : % للأحماض الامينية في مادة العلف المختبرة (س)، AA : % للأحماض الامينية في مادة قياسية (بروتين قياسي) كالكازين ، n الحماض الامينية المقدرة.

وقد وجد بالدراسة ارتباط قوي وعالي المعنوية Highly significant correlation بين الـ (EAA) والقيمة الحيوية للبروتين (B.V) بغض النظر عن نوع البروتين القياسي المستخدم سواء كان كازين او البيومين كما في المعادلات التالية:

$$B.V. = 1.0747\ (EAAI) - 13.74 \quad (r = +0.948)$$
$$B.V. = 1.1403\ (EAAI) - 8.415$$
$$B.V. = 1.0900\ (EAAI) - 11.73$$

٢- الدليل الكيماوي للبروتين : Chemical Score

هو عبارة عن النسبة بين % لكل حامض أميني في الغذاء المختبر (س) وما يقابلها من % لفس الحامض الاميني في البروتين القياسي Standard مثل الكازين. وبعد ذلك يعرف أقل حامض أميني تواجداً بالحمض الاميني المحدد الأول FLAA أو First Limiting Amino Acid والذي يلية يسمي SLAA أو Second Limiting Amino Acid والثالث في الترتيب يسمي TLAA وهكذا. وهذه تعطي صورة واضحة عن محتوي المادة المختبرة (س) من الاحماض الامينية المحددة Limiting خاصة عند استخدامها فى التغذية حيث يكون الاهتمام بتغطيتها فى المقام الأول تجنباً لأي اثار سلبية علي النمو والآداء الانتاجي بوجة عام.

مثال :

عند تقييم مادة علف (س) أجريت التجارب العملية والتحليلات الكيماوي اللازمة مع المقارنة بمادة أخري قياسية (ST.) Standard وكانت النتائج التالية:

جدول رقم (٧٥) :

	المادة المختبرة (س)	المادة القياسية (St.)
مقدار الغذاء المأكول جم/الطائر/اليوم	١٨٠	١٠٠
مقدار الزرق الجاف جم/الطائر/اليوم	٦٠	٢٠
% للبروتين الخام فى الغذاء	٥٠	٩٠
% للبروتين الخام فى الزرق	١٥	٤.٥
% الليسين	٢.٧	٧.٢
% المثيونين	٢.٢	٨.٠
% الفالين	٤.٥	٩.٠
% الأرجنين	١.٩	٢.٥
% التريتوفان	٥.١	٧.٥

والمطلوب :

١- الي أي مدي يمكن أن تحل المادة (س) محل المادة القياسية (St.).
٢- احسب الـ Chemical Score أو الدليل الكيماوي للبروتين.
٣- حدد الأحماض الامينية المحددة الأول والثانى والثالث.

جدول رقم (٧٦) : الحل

	المادة المختبرة (س)	المادة القياسية (St.)
مقدار البروتين المأكول	(١٨٠×٥٠)÷١٠٠ =٩٠ جم	(١٠٠×٩٠)÷١٠٠ = ٩٠ جم
مقدار النيتروجين المأكول	(٩٠÷٦.٢٥) = ٦١٤.٤ جم	(٩٠÷٦.٢٥) = ١٤.٤ جم
مقدار البروتين الخارج	(٦٠×١٥) ÷ ١٠٠ = ٩.٠ جم	(٢٠×٤.٥) ÷ ١٠٠ = ٠.٩ جم
مقدار النيتروجين الخارج	(٩÷٦.٢٥) = ١.٤٤ جم	(٠.٩÷٦.٢٥) = ٠.١٤٤ جم
مقدار النيتروجين المحتجز	١٤.٤–٠.٤٤= ١٢.٩٦ جم	١٤.٤–٠.١٤٤= ١٤.٢٥٦ جم
% لميزان النيتروجين	(١٢.٩٦×١٠٠)÷(١٤.٤) = ٩٠%	(١٤.٢٥٦×١٠٠)÷١٤.٤ = ٩٩%

القيمة الإحلالية (R.V)	١٠-١٠٠ (٩٩-٩٠) ÷ ١٤.٤ = ٣٧.٥%	

أي ان الميادة المختبرة (س) يمكن أن تحل محل ٣٧.٥% من الميادة القياسية دون أي تأثير ذار علي النمو ووزن الجسم. مثل هذه النتائج يكون لها فائدة اقتصادية عالية وهامة وخاصة عن ارتفاع اسعار مواد العلف ونقصها في الاسواق ويصبح الاختيار للأفضل من الناحيتين الغذائية والاقتصادية فى نفس الوقت.

الليسين = (٢.٧ ÷ ٧.٢) × ١٠٠ = ٣٧.٥ %.

الفالين = (٤.٥ ÷ ٩) × ١٠٠ = ٥٠%.

الميثونين = (٢.٢ ÷ ٨.٠٠) × ١٠٠ = ٢٧.٥%.

الأرجنين = (١.٩ ÷ ٢.٥) × ١٠٠ = ٢٧.٥ %.

التربتوفان = (٥.١ ÷ ٧.٥) × ١٠٠ = ٦٨%.

وعلي ان يكون الـ Chemical Score هو القيمة الاتجة للحمض الامينى الاكثر نقصاً The greastest deficit = ٢٧.٥%.

والحمض الأميني المحدد الأول هو الـ Methionine.

والحمض الأميني المحدد الثاني هو الـ Lysine.

والحمض الأميني المحدد الثالث هو الـ Valine.

٣- الليسين المتاح (المستفاد به) Available Lysine

معظم البروتينات التي تيتخدم في التغذية من نوع البروتينات النباتية وعليه ما يستخرج منها الزيوت بالمعاملات الحرارية والتي تؤثر سلباً علي جودة هذه البروتينات. تحتوي هذه البروتينات أيضاً علي جزء كربوهيدراتي مختزل والذي يرتبط تحت تأثير المعاملات الحرارية بمجموعة الأمين الحرة في الاحماض الامينية مثل الليسين بتفاعل يسمي التفاعل البني أو Browning or Milard reaction ونتيجة لهذا التفاعل أو هذا الارتباط تتكون رابطة قوية وتصبح مقاومة للتحلل أو الهضم الاتريمي وبذلك تقل بل تنعدم الاستفادة من هذه الاحماض الامينية المرتبطة. ومن الطرق المعملية المتخصصة التي يمكن بها قياس مدي الاستفادة من هذه الاحماض الامينية وبالتالي تقييم البروتين المحتوي عليها هى طريقة تقدير الليسين المتاح أو الذي يمكن ان يستفيد به الطائر وتسمي Available Lysine وتعزي الي العالم Carpenter.

1- وفي هذه الطريقة يتم التفاعل بين مجموعة الامين الحره epsiton فى البروتين المختبر (س) والجوهرة الكشاف Fluoro, 2.4 dinitro benzene (FDNB) لتتكون مشتقات الـ Dinitro phenyl للحمض الاميني ليسين والموجودة بصورة حرة وغير مرتبطة (قابل للإستفادة منه) هذه المشتقات الناتجة مركبات ذات لون أصفر يتم استخلاصها بالمذيبات العضوية مثل الايثير Ether ثم يقدر لونيها باستخدام اجهزة قياس الألوان والتي تعتمد اساساً على Peer`s Law حيث يوجد تناسب طردي بين شدة اللون وتركيز أو محتوى المادة المختبرة (س) من الليسين الحر available.

ومن تقدير الليسين الكلي في البروتين المختبر وما سبق من تقدير الليسين المتاح بطريقة FDNB يتضح لنا الجزء المتبقي او الفرق بينهما وهو عبارة عن الليسين الذي ارتباط مع الكربوهيدرات عن طريق التفاعل البني Browning reaction وأصبح غير مستفاد به نتيجة المعاملات الحرارية المستخدمة لتجهيز البروتين المختبر للإستخدام فى التغذية.

وهناك طرق حديثة تستخدم الآن لتقدير الـ lysine availability وهي طرق معملية ايضاص تعتمد اساساً على الهضم الانزيمي باستخدام انزيمات هضم البروتين مثل الببسين Pepsin بتركيز ٠.٠٠٢%.

الاحتياجات من المركبات الغذائية : Nutrient Requirements

تختلف حيوانات المزرعة فى قدرتها على تحويل بروتين الغذاء مثلاً الى بروتين صالح للإستهلاك الآدمي. فقد وجد مثلاً ان ٣٢.٥% من بروتين الغذاء يتحولي الى بروتين صالح لتغذية الانسان على صورة لبن، ٢٣% على صورة بيض، ١٦.٤% على صورة لحم. كما موجد كثير من الباحثين أن كفاءة الدجاجة في تحويل طاقة الغذاء الى طاقة فى البيض تتساوي تقريباً مع قرة البقرة فى تحويل طاقة الغذاء الي طاقة فى اللبن، هذا دون الأخذ فى الاعتبار مقدار الطاقة اللازم لحفظ حياة الدجاجة. أما اذا اخذ هذا الجزء في الاعتبار فإن الكفاءة التحويلية لطاقة الغذاء في الدجاجة تصل الي نصف الكفاية التحويلية لطاقة الغذاء في البقرة جديدة الادرار وهذا يرجع لعدة اعتبارات نذكر منها ما يلى :

١- تتم جميع العمليات الحيوية في الدجاج بسرعة مرتفعة نسبياً عن باقي حيوانات المزرعة مثل التنفس والدورة الدموية ومعدل النبض وغيرها.
٢- درجة حرارة جسم الدجاجة أعلي من البقرة بمعدل ١٠°ف وهذا يتطلب زيادة فى النشاط وعمليات التمثيل الغذائي لامداد الجسم بالطاقة اللازمة لتعويض المفقود من الجسم بالاشعاع radiation.
٣- الدواجن اسرع من باقي حيوانات المزرعة فى الاستجابة للمؤثرات المحيطة بالبيئة.
٤- دورة حياة الدجاج أسرع نسبياً من باقي حيوانات المزرعة ومبكرة فى النضج الجنسي مما يجعلها تتضاعف فى الوزن فى فترة زمنية قصيرة.
٥- تركيب البيض مثلاً أكثر تعقيداً من تركيب اللبن.

٦- عند تحويل طاقة الغذاء الى طاقة فى البيض (على صورة دهن) فإن المنصرف او المفقود من الطاقة فى هذه العملية يتجاوز المفقود من الطاقة عند تحويل طاقة الغذاء الى طاقة صافية فى اللبن.
٧- انتاج وحدة الطاقة (الكالوري) فى البيضة يتطلب وقتاً اطول من الوقت اللازمة لانتاج وحدة الطاقة (الكالوري) فى اللبن.
٨- نظراً لصغر حجم الدجاجة مقارنة بحجم البقرة فإن النسبة بين مسطح الجسم : الوزن فى الدجاجن أكبر من هذه النسبة فى البقرة وعلى ذلك يزيد معدل الحرارة المفقودة من الجسم بالاشعاع فى الدواجن عن الابقار.

كل هذه الاعتبارات تجعل احتياجات الدجاج من الطاقة اللازمة لحفظ الحياة والانتاج أعلي نسبياً عن مثلاتها فى باقي حيوانات المزرعة.

حساب الاحتياجات من المركبات الغذائية :

تنقسم الاحتياجات الغذائية الى قسمين رئيسين هما :

١- الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة : Maintenance

وتعتمد فى حسابها على وزن الجسم او بمعنى آخر حيز الجسم التمثيلي Metabolic body size.

٢- الاحتياجات اللازمة للإنتاج : Production

هذه الاحتياجات يمكن تقديرها لكل من الطاقة Energy والبروتين Protein والعناصر المعدنية مثل الكالسيوم وغيرها من المركبات الغذائية.

أولاً : الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة : Maintenance

١- من الطاقة أو المجهود الفسيولوجي النافع : Metabolizable Energy (ME)

يعتمد تقرير احتياجات حفظ الحياة من الطاقة على تقدير ما يسمي بالتمثيل القاعدي للطاقة Basal Metabolism (BM) :

(BM) : هو أقل قدر من الطاقة تلزم لحفظ درجة حرارة الجسم ثابته طوال ٢٤ ساعة وجعل ميزان الطاقة متعادلاً .

ويقدر التمثيل القاعدي للكائن الحي تحت ظروف معينة هي :

١- أن يكون الطائر قبل اجراء التمثيل الغذائي القاعدي له في حالة صحية وغذائية جيدة بمعني الا يعانى من أي أعراض مرضية أو اعراض نقص غذائي.
٢- ان يقدر التمثيل القاعدي في ظروف حرارية محايدة Zone of thermal neutrality لأن ارتفاع الحرارة او انخفاضها فى الظروف البيئية المحيطة بالطائر تؤدي الى حدوث خلل في عمليات النشاط الداخلي والتمثيل الغذائى للطائر.
٣- ان يقدر التمثيل القاعدي في ظروف حرارية محايدة Zone of thermal neutrality لأن ارتفاع الحرارة او انخفاضها فى الظروف البيئية المحيطة بالطائر تؤدي الى حدوث خلل في عمليات النشاط الداهلي والتمثيل الغذائي للطائر.
٤- ان يقدر التمثيل القاعدي للطائر على فترتين فى الاولى يكون الطائر قائماً والثانية والطائر وكل منها ١٢ ساعة حيث وجد ان التمثيل القاعدي يزيد بمعدل ١٠-١٥% فى حالية الاولى مقارنة بالحالة الثانية او حالات الرقود، ثم يؤخذ متوسط الفترتين.
٥- يقدر التمثيل القاعدي بعد فترة تصل اليى ولا تقل عن ٦ ساعات أي بعد انتهاء فترة الامتصاص لأخر وجبة غذائية تناولها الطائر وذلك لتجنب ما يسميى بالفعل الديناميكى للغذاء والذي يزيد من معدل النشاط الداخلي والتمثيل الغذائي للطائر Spesific Dynamic Action.
٦- ويقدر التمثيل القاعدي فى جهاز او مسعر التنفس Respiration Calorimeter الذي يمكن منه قياس الجرارة المفقودة من الجسم فضلاً عن تقدير الداخل للكائن الحي او الطائر من الغذاء والماء واكسوجين التنفس وكذلك الخارج من المواد الصلبة والسائلة ان وجدت والغازية وبمعني آخر يمكن بمسعر التنفس تقدير ميزان الطاقة Energy Balane للطائر.

ومن نتائج الدراسات علي اجراء التمثيل القاعدي ما يلي :

وجد أن حرارة التمثيل القاعدي (BM) وهى اقل كمية من الحرارة تلزم لحفظ الحياة وجعل ميزان الطاقة متعادلاً ٢٤ ساعة. تتناسب طردياً مع ما يسمي بحيز الجسم التمثيلي Metabolic Body Size وهذا الحيز التمثيلى هو عبارة عن وزن جسم الطائر (و) مرفوعاً للأس الذي يتراوح بين ٠.٦٧ – ٠.٨٣ (٠.٧٥ فى المتوسط) وقد اطلق لفظ حيز الجسم التمثيلي على الجزء من وزن الجسم الذي يمكن ان يتفاعل (يستجيب) مع المؤثرات المحيطة وعلى ذلك فإن :

BM ∝ و ٠.٧٥

BM = ثاتب × و ٠.٧٥

BM = ٧٠ × و ٠.٧٥ ك.كالوري (Kleiber. 1947).

أو BM = ٨٣ × و ٠.٧٥ ك.كالوري (Scott. 1976).

أي أن الارقام ٧٠ أوا ٨٣ تمثل أقل كمية من الحرارة المفقودة من وحدة حيز الجسم التمثيلي لجعل ميزان الطاقة متعادلاً ٢٤ ساعة.

وقد وجد بالدراسة ان الطاقة الفسيولوجية النافعة ME اللازمة لحفظ الحياة تساوي تقريباً ضعف حرارة التمثيل القاعدي تبعاً للعالم Kleiber بينما وجد Scott ان حرارة التمثيل القاعدي تمثل تقريباً ٨٢% من الطاقة الفسيولوجية النافعة ME اللازمة لحفظ الحياة.

ME = ٢ × ٧٠ خ و$^{٠.٧٥}$ ك.كالوري Kleiber

أو ME = (٨٣ × و$^{٠.٧٥}$) × ١٠٠ / ٨٢ ك.كالوري Scott

واضاف Scott انه فى الظروف العملية يجب ان تزيد هذه الاحتياجات بمقدار ٥٠% اذا كانت الطيور حرة Free أو بمقدار ٣٧% اذا كانت الطيور محبوسة Caged .

مثال :

إحسب الاحتياجات من الـ ME اللازم لحفظ حياة دجاجة تزن ١.٧٥ كجم.

الحل :

تبعاً لـ Scott : ME = (٨٣ × و$^{٠.٧٥}$) × ١٠٠ / ٨٢

ME = (٨٣ × ١.٧٥$^{٠.٧٥}$) × ١٠٠ / ٨٢

ملحوظة (١) : (١.٧٥)$^{٠.٧٥}$ = (١.٧٥×١.٧٥×١.٧٥) ثم ايجاد الجذر التربيعى مرتين = ١.٥٢

ME = (٨٣ × ١.٥٢) × ١٠٠/٨٢ ^{١٨٩} = ١٥٣.٨ ك.كالوري يزاد عليها ٥٠% منها فى حالة الطيور Free أو ٣٧% اذا كانت Caged.

= ١٥٣.٨ + (١٥٣.٨ × ٥٠) ÷ ١٠٠

= ٢٣٠.٧ ك.كالوري Free birds

أو = ١٥٣.٨ + (١٥٣.٨ × ٣٧) ÷ ١٠٠

= ٢١٠.٧ ك.كالوري Caged birds

وهذه الارقام تعبر عن احتياجات الطائر من الطاقة اللازمة لحفظ حياته ومن البديهي ان هذه الاحتياجات تزيد اذا كانت الطيور حرة Free عنها لو كانت محبوسة Caged حيث زيادة النشاط وعمليات التمثيل الغذائي فى الحالة الأولي مقارنة بالحالة الثانية.

ملحوظة (٢) : لو كانت هذه الدجاجة من النوع البياض. فإن الامر يتطلب زيادة الاحتياجات من الطاقة بالقدر الذي يغطي انتاج بيضة قياسية وزنها ٥٦.٠٠ جرام وهذا المقدار من الطاقة = ٨٦ ك. كالوري.

فى هذه الحالة ME = ٢٣٠.٧ + ٨٦ = ٣١٦.٧ ك.كالوري Free layers.

أو ME = ٢١٠.٧ + ٨٦ = ٢٩٦.٧ ك.كالوري Caged layers

٢- من البروتين الخام : Crude Protein

يقدر البروتين الخام اللازم لحفظ الحياة عن طريق التمثيل القاعدي ايضاً. وهذا القدر من البروتين هو عبارة عن أقل مقدار من البروتين يلزم لحفظ الحياة وجعل ميزان الازوت متعادلاً ٢٤ ساعة.

وقد وجد بالدراسة أن هناك تناسباً طردياً بين حرارة التمثيل القاعدي ومقدار الازوت التمثيلي الخارج فى البول قدره ٢.١ ملليجرام.

MB = ٧٠ × و$^{٠.٧٥}$ ك. كالوري

مقدار الازوت التمثيلي فى البول = ٢.١ × ٧٠ × و$^{٠.٧٥}$ ملليجرام (Broody)

مقدار البروتين التمثيلي في البول = ٢.١ × ٧٠ × و$^{٠.٧٥}$ × ٦.٢٥ ملليجرام (أ) ←

وقد وجد Broody أيضاً أن بروتين الروث التمثيلي = ٤٠% من البروتين التمثيلي فى البول (نقلاً عن العبادي ١٩٧٨)

بروتين الروث التمثيلي = ٢.١ × ٧٠ × و$^{٠.٧٥}$ × ٦.٢٥ × (٤٠÷١٠٠) ملليجرام (ب) ←

بروتين الزرق كله = أ + ب

= ٢.١ × ٧٠ × و$^{٠.٧٥}$ × ٦.٢٥ × (١٤٠÷١٠٠) ملليجرام

هذا المقدار من البروتين الخارج فى الزرق يلزم تعويض الجسم عنه باعطائة نفس هذا المقدار فى الغذاء.

وحيث أن القيمة الحيوية لمعظم البروتينات = ٥٠% فى المتوسط أو بمعني آخر أن المستفاد من البروتين فى الغذاء حوالي ٥٠%.

البروتين المهضوم فى الغذاء = ٢.١ × ٧٠ × و$^{٠.٧٥}$ × ٦.٢٥ × (١٤٠÷١٠٠) × (١٠٠÷٥٠) ملليجرام

وحيث أن متوسط معامل هضم البروتين فى أغذية وعلائق الدواجن = ٨٠%

البروتين الخام اللازم فى الغذاء=٢.١×٧٠× و$^{٠.٧٥}$ × ٦.٢٥ × (١٤٠÷١٠٠) × (١٠٠÷٥٠) × (١٠٠÷٨٠) ملليجرام

= ٣٢١٦ × و$^{٠.٧٥}$ ملليجرام
= ٣.٢١٦ × و$^{٠.٧٥}$ جرام

مثال :

احسب الاحتياجات من البروتين اللازم لحفظ الحياة لدجاجة وزنها ١.٧٥ كجم.

الحل :

البروتين اللازم لحفظ الحياة = ٣.٢١٦ × (١.٧٥) و$^{٠.٧٥}$
= ٣.٢١٦ × ١.٥٢
= ٤.٨٩ جرام

ملحوظة : اذا كانت هذه الدجاجة من النوع البياض وتعطي يومياً بيضة وزنها ٥٦ جرام وتحتوي علي ١٢% بروتين خام. فى هذه الحالة يزاد على البروتين اللازم لحفظ الحياة ما يلزم من بروتين لتغطية انتاج هذه البيضة .

محتوى البيضة من البروتين = ٥٦ × (١٢ ÷ ١٠٠) = ٦.٧٢ جرام

البروتين اللازم فى الغذاء لتغطية هذا القدر من بروتين البيضة (٥٠% معدل تحويل).
= ٦.٧٢ × (١٠٠ ÷ ٥٠) = ١٣.٤٤ جرام

وعلية يصبح اجمالي اللازم لهذه الدجاجة من البروتين
= ٤.٨٩ + ١٣.٤٤ = ١٨.٣٣ جرام

ثانياً : الاحتياجات اللازمة للنمو : Growth

يعرف النمو بأنه زيادة في عدد خلايا أنسجة الجسم المختلفة مثل العظام، العضلات، الجلد، الريش، العصاب وغيرها وذللك بزيادة مقدار المركبات الغذائية المختلفة بهذه الانسجة. ويتوقف معدل النمو علي عوامل متعددة أهمها:

أ- العوامل الوراثية الخاصة بالطائر.

ب-مدي توفر المركبات الغذائية المختلفة بغذاء الطائر.

وعلي ذلك فضلاً عن الناحية الوراثية المتعلقة بالطائر. فكلما كان الغذاء يفي بالاحتياجات الغذائية المختلفة من بروتين، طاقة، عناصر معدنية، فيتامينات وغيرها، كلما كان النمو أفضل ومن هنا كان ضرورياً معرفة كيفية حساب الاحتياجات الغذائية للطائر أثناء فترة النمو وما يلزمة للأغراض المختلفة مثل حفظ حياته، بناء اللحم، نمو الريش كما يلي:

١- من الطاقة : Energy

وذلك بتقدير القيمة الحرارية النافعة لوحدة الوزن من الغذاء أو العليقة على صورة مجهود فسيولوجي نافع ME كما سبق عن طريق تجربة الهضم : ME = (أ×ب) – (جـ×د) ÷ أ (ك.كالوري/جرام)

حيث :

أ = مقدار الغذاء المأكول / الطائر / اليوم.

ب = مقدار الطاقة الكلية Gross energy لكل جرام من الغذاء.

ج = مقدار الزرق الجاف / الطائر / اليوم.

د = مقدار الطاقة الكلية لكل جرام من الزرق الجاف.

ويقدر كل من ب ، د باستخدام بومبة المسعر Bomb Calorimeter.

وبوجة عام فقد اتفق ومن نتائج الدراسات فى هذا الشأن على ان تكون طاقة الغذاء للكتاكيت النامية من عمر الفقس وحتي عمر التسويق (٦ أسابيع) ما بين ٣٠٠٠ الي ٣٢٠٠ ك. كالوري/كيلو جرام وان كان المجلس القومي الأمريكى NRC يفضل مستوي ٣٢٠٠ ك.كالوري/كيلو جرام لضمان تغطية الغذاء لباقي المركبات الغذائية المختلفة اللازمة للنمو.

٢- من البروتين الخام : Crude protein

تحتاج الدجاجة اثناء النمو للبروتين اللازم لتغطية الاحتياجا اللازمة من :

أ- لحفظ الحياة.

ب- لنمو الجسم (بناء اللحم).

ج- لنمو الريش.

أ- البروتين اللازم لحفظ الحياة = ٣.٢١٦ × و$^{٠.٧٥}$ جرام / اليوم.

ب-البروتين اللازم لبناء اللحم = معدل النمو اليومي × ٠.١٨ × ٥٥/١٠٠ جرام / اليوم

(حيث متوسط البروتين بالجسم ١٨% وان كفاءة الدجاجة فى تحويل بروتين الغذاء الى بروتين بالجسم تصل الي ٥٥% وقد تصل الى ٦٤% فى السلالات السريعة النمو).

ج- البروتين اللازم لنمو الريش = معدل النمو اليومي ×٤(٧) ÷ ١٠٠ × (٨٢÷١٠٠) × (١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

(حيث يمثل الريش ٤% من وزن الجسم في الاسابيع الثلاثة الأولى من العمر ويزيد الي ٧% بدءاً من الاسبوع الرابع. وان هذا الريش يحتوي فى المتوسط علي ٨٢% من البروتين الخام).

وبذلك يكون البروتين الخام اللازمك للدجاجة اثناء النمو هو مجموع الجزاء الثلاثة أ+ب+ج (بالجرام/اليوم).

وبعد أن عرفنا كيفية حساب الاحتياجات من الطاقة والبروتين اللازمين للطائر اثناء النمو. ونظراً لأن هناك عوامل عديدة يمكن ان تؤثر على النمو مثلاً السلالة والجنس والعمر والظروف البيئية والغذاء. لذلك يجب معرفة الطرق المختلفة التي يمكن استخدامها للتعبير عن النمو **في الدواجن وهي :**

(١) سرعة النمو المطلقة : Absolute growth rate

ويقصد بها الزيادة فى وزن الطائر فى فترة زمنية محددة، هذه الزيادة فى وزن الطائر تزيد تدريجياً بتقدم العمر حتى وقت معين ثم تبدأ في التناقص تدريجياً مع زيادة الوزن وسبب ذلك هو زيادة الاحتياجات من المركبات الغذائية لحفظ الحياة والتي تتوقف على وزن الجسم وبمعني أدق على حيز الجسم التمثيلي (و$^{٠.٧٥}$).

(٢) معدل الزيادة النسبية فى النمو : Relative growth rate

ويقصد بها النسبة المئوية للزيادة فى وزن الجسم مقارنة بوزنة قبل الزيادة :

= [(و٢ – و١) / و١] × ١٠٠

حيث و١ ، و٢ هما وزن الطائر في بداية ونهاية فترة زمنية معينة. هذه النسبة المئوية للزيادة فى وزن الجسم تكون مرتفعة من بداية العمر ثم تتناقص تدريجياً بتقدم العمر لزيادة الجزء اللازم من الغذاء لحفظ الحياة.

(٣) الكفاءة التحويلية للغذاء : Feed conversion

وهي عبارة عن كمية الغذاء او ما يحتوية من مركبات غذائية مهضومة كلية TDN او ما يحتوية من معادل نشا .S.V أو طاقة فسيولوجية نافعة ME اللازمة لانتاج وحدة النمو.

= (المستهلك من الغذاء أو (TDN) أو (S.V) أو (ME) ÷ الزيادة فى وزن الجسم.

(٤) الكفاءة الغذائية : Feed efficiency

وتعبر عن مقدار النمو الذي ينتج من تغذية الطائر على وحدة وزنية من الغذاء أو وحدة وزنية من الغذاء او وحدة وزنية من المركبات المهضومة الكلية TDN أو معادل النشا S.V أو الطاقة الفسيولوجية النافعة ME اى = الزيادة فى وزن الجسم ÷ المستهلك من الغذاء (أي معكوس الكفاءة السابقة).

وبالنسبة لكل من الكفاءة الغذائية والكفاءة التحويلية للغذاء أو TDN أو S.V أو ME نجد في المراحل الأولي من العمر يلزم للطائر كميات بسيطة من الغذاء لانتاج وحدة نمو وعلية تكون الكفاءة التحويلية جيدة ثم تقل لزيادة كميات الغذاء اللازم لحفظ الحياة بتقدم العمر وبالتالي زيادة كميات الغذاء اللازمة لانتاج وحدة النمو.

ويلاحظ فى الكفاءة التحويلية للغذاء (٢÷١) أفضل من (٢.٥÷١) أفضل من (٣÷١) بينما فى الكفاءة الغذائية (٠.٥) أفضل من (٠.٤) أفضل من (٠.٣).

ثالثاً : الاحتياجات اللازمة لانتاج البيض : Egg production

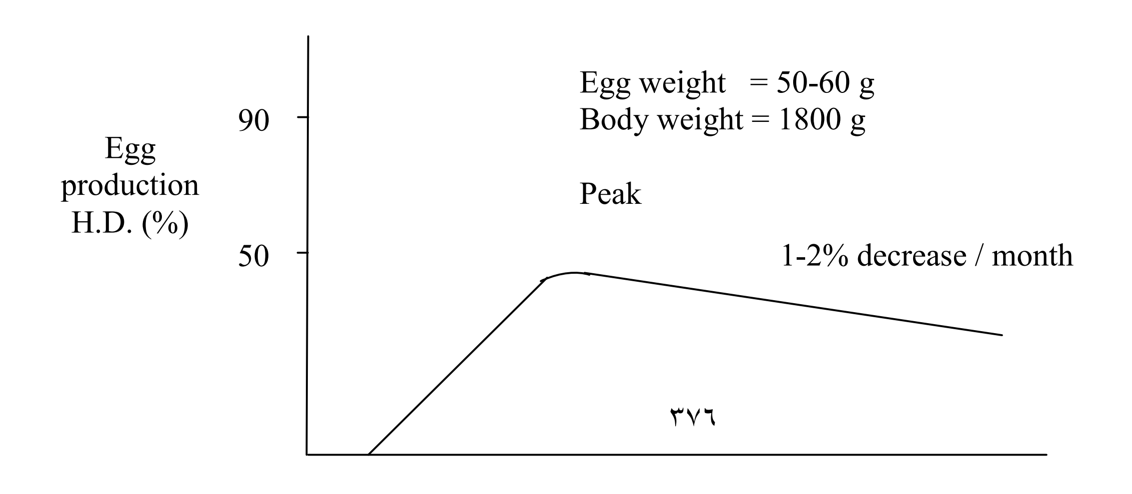
تتأثر الاحتياجات الغذائية اللازمة للدجاجة البياضة بعدة عوامل منها :

١- الرعاية المناسبة والجيدة.
٢- حجم الدجاجة ونوع السلالة.
٣- الظروف الجوية المحيطة وخاصة درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية.
٤- مرحلة انتاج البيض.

حيث تبدأ الدجاجة فى وضع البيض وعمرها حوالي ٢٢ أسبوع (٥ شهور تقريباً) ويزداد معدل انتاج البيض تدريجياً حتى يصل الى قمة الانتاج (٨٠-٩٠%) عند عمر ٤٢ اسبوع (المرحلة الأولى لانتاج البيض).

بعد ذلك يبدأ انتاج البيض فى الانخفاض تدريجياً حتى يصل الى حوالي ٥٠% وذلك عند عمر ٧٢ اسبوع (١٨ شهراً) ويطلق على هذه المرحلة الثانية لانتاج البيض.

اما عن وزن الدجاجة عند بداية المرحلة الأولى فيكون حوالي ١.٣٥ كيلو جرام ويصل الى ١.٨٠ كيلو جرام عند نهاية هذه المرحلة. فضلاً عن زيادة وزن البيضة من ٤٠ جرام فى بداية المرحلة الى ٦٠ جرام تقريباً فى نهايتها. كما فى **الشكل التالى :**



Egg wt = 45g
Body wt = 1350 g

Egg weight = 65g
Body weight = 1850g

21-22 (start) — 27 — 72
Age (week)

I-------------------I
Phase I

I--I
Phase II

شكل رقم (٤٤): يوضح التغير فى معدل انتاج البيض، وزن البيضة، وزن الجسم أثناء فترة الانتاج

مما سبق يتضح أهمية توفير جميع الاحتياجات الغذائية من طاقة وبروتين وعناصر معدنية وغيرها فى المرحلة الأولى من انتاج البيض وذلك لتكتسب الدجاجة الصحة والحيوية وكل ما يلزمها لمواجهة متطلبات المرحلة الثانية للإنتاج والتي فيها ينخفض معدل انتاج البيض.

١- من الطاقة : Energy

نحتاج الدجاجة البياضة للطاقة اللازمة لكل من :

أ- حفظ الحياة.

ب- انتاج البيض.

أ- **حفظ الحياة** = (٨٣ × و$^{٠.٧٥}$) × ١٠٠ / ٨٢ ك.كالوري

ويزداد عليها ٥٠% منها اذا كانت الدجاجات مرباه فى حظائر أرضية (Free) او يزداد عليها ٣٧% اذا كانت مرباة فى اقفاص (Caged).

ب- **انتاج البيض** : ٨٦ ك. كالوري تبعاً للعالم Scott بينما اتفق المجلس القومي البريطاني ARC علي تحديد الطاقة الفسيولوجية اللازمة لانتاج البيضة القياسية بمقدار ١٢٢ ك. كالوري.

وتبعاً لمجلس القومي الأمريكى NRC فإنه ينصح باحتواء عليقة الدجاج البياض على مستوى من الطاقة يتراوح بين ٢٦٠٠-٢٨٠٠ ك. كالوري لضمان تغطية الاحتياجات اللازمة لحفظ الحياة وانتاج البيض، والجدير بالذكر أنه قد تزيد الاحتياجات من الطاقة اللازمة لحفظ الحياة خاصة فى الدجاج البياض من نوع السلالات الثقيلة حيث الوزن اكبر وبالتالي يزيد حجم الجسم التمثيلي (و$^{٠.٧٥}$). وفي حالات أخري يمكن أن تزيد هذه الاحتياجات ايضاً كما فى الجو البارد (شتاء) عن الجو الحار (صيفاً).

٢- من البروتين الخام : Crude protein

يلزم البروتين الخام للدجاجة البياضة لمواجهة ما يلزمها لكل من :

أ- حفظ الحياة :

حفظ الحياة = ٣.٢١٦ × و٠.٧٥ جرام / اليوم

ب- الزيادة فى وزن الجسم :

= مقدار الزيادة اليومية ×(١٨÷١٠٠)×(١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

ج- البروتين اللازم للريش :

= مقدار الزيادة اليومية فى الوزن ×(٧÷١٠٠)×(٨٢÷١٠٠)×(١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

د- البروتين اللازم لانتاج البيض:

= متوسط وزن البيضة ×(١٢÷١٠٠)×(١٠٠÷٥٥) جرام / اليوم

ويصبح اجمالي البروتين الخام اللازم للدجاجة البياضة هو عبارة عن مجموع الاجزاء الأربعة أ+ب+ج+د جرام/اليوم.

٣- الكالسيوم والفوسفور : Calcium and phosphorus

لعناصر الكالسيوم والفوسفور اهمية كبيرة بالنسبة للدجاج البياض وذلك لدورهما الرئيسي فى تكوين القشرة واعطائها الصلابة المطلوبة لتقليل نسبة الكسر، ويتوقف مستوى الكالسيوم بعليقة الدجاج البياض على عدة عوامل اهمها :

أ- مقدار الغذاء المستهلك.

ب- عدد البيض الناتج.

ج- مستوى الفوسفور بالعليقة كما فى المعادلة التالية:

$$Ca\ (\%) = 1.29\ (P) + \frac{0.41\ E}{F}$$

(Titus and Fritz, 1971)

حيث : Ca = % للكالسيوم فى العليقة.
P = % للفوسفور فى العليقة.
E = متوسط عدد البيض الناتج للطائر/السنة.
F = كمية الغذاء المستهلك للطائر بالرطل/السنة.

وبوجة عام فإن الطائر يميل دائماً للحفاظ على مستوى الكالسيوم بالدم ثابتاً عند مستوى ١٠ ملليجرام / ١٠٠ سم٣ دم ويساعد على ذلك عدة عوامل منها :

أ- مستوي الكالسيوم بالغذاء.
ب- الممتص من الكالسيوم من القناة الهضمية.
ج - مستوى الفوسفور بالغذاء.
د- النسبة بين الكالسيوم : والفوسفور بالغذاء.
هـ - مستوى فيتامين D بالغذاء.

واذا انخفض الكالسيوم الممتص من القناة الهضمية عن اللازم لتكوين قشرة البيض تبدأ الدجاج فى سحب الكالسيوم من الهيكل العظمى لها بالمعدل التالي :

اذا علمان إن مقدار الكالسيوم فى قشرة البيضة حوالي ٢ جرام في المتوسط وأن فترة تكوين القشرة برحم الدجاجة حوالي ٢٠ ساعة تقريباً. فإن هذا يتطلب من الدجاجة سحب قر من الكالسيوم من الهيكل العظمي = ٠.١١٥ جرام فى الساعة. وعلى ذلك فإن مقدار الكالسيوم المسحوب من الهيكل العظمى فى الفترة كلها = ٠.١١٥ × ٢٠ = ٢.٣ جرام.

واذا كانت نسبة الاستفادة من كالسيوم الغذاء = ٥٥%.

فإن الكالسيوم اللازم فى الغذاء لتغطية الكالسيوم السابق = ٢.٣ × (١٠٠÷٥٥) أي ٤.١٨ (٤.٠٠جم) تقريباً /اليوم.

لذلك يجب توفر هذه الكمية من الكالسيوم فى غذاء الدجاجة حتي نتجنب قيام الدجاجة بهدم جزء من محتوى العظام من الكالسيوم والفوسفور لتغطية الاحتياجات اللازمة لتكوين القشرة.

ومن مصادر الكالسيوم والفوسفور الجيدة كل من مسحوق العظام ومسحوق الصدف وملح فوسفات الكالسيوم. ولايفضل الحجر الجيرى الناعم أو ملح كربونات الكالسيوم للدجاج البياض وذلك لسهولة ذوبانة في الماء وبالتالي تقل فرصة تواجدة اثناء الليل لفترة طويلة ويصبح غير متوفر اثناء فترة ترسب القشرة. ويحسن ان تكون نسبة الكالسيوم : الفوسفور في علائق الدجاج البياض ما بين ٥ : ١ الى ٧ : ١ (مستوي الكالسيوم = ٣.٥%) بينما تنخفض هذه النسبة الى ٢ : ١ تقريباً للدجاج النامي (مستوى الكالسيوم ١%) مع امكانية استخدام الحجر الجيري او ملح كربونات الكالسيوم فى علائق الكتاكيت النامية.

اما بالنسبة للفوسفور فيجب مراعاة ان معظم الفوسفور الموجود بالمصادر النباتية على صورة فيتين phytin غير صالح للاستخدام بواسطة الدواجن(صورة عضوية organic) نظراً لعدم توفر انزيم الـ phytase الذي يقوم بتحليل الـ phytin وينفرد الفوسفور الحر علي صورة معدنية وقد اجمعيت الآداء على ان ثلث الفوسفور فى المصادر النباتية يعتبر صالح تقريباً للإستخدام. أما الفوسفور فى المصادر المعدنية والحيوانية فهو فى صورة قابلة للإستخدام Inorganic.

وبعيد عن القواعد الاساسية المتبعة فى حساب الاحتياجات الغذائية من الطاقة والبروتين والكالسيوم وغيرها من المركبات الغذائية المختلفة سواء للكتاكتيت النامية أو الدجاج البياض. فهناك جداول وضعت بواسطة المجلس القومي الأمريكي National Research Council (NRC) وبناء على دراسات وأبحاث متعددة تصدر متجددة كل ٤ سنوات. وتشمل هذه الجداول الاحتياجات الغذائية لجميع أنواع الدواجن من مختلف المركبات الغذائية فضلاً عن التحليل المتكامل لمواد العلف المختلفة التي يمكن استخدامها فى تكوين علائق الدوجن ومن هذه الجداول نذكر ما يتعلق الامينية الضرورية مثل الميثونين والليسين لكل من الكتاكيت النامية والدجاج البياض.

جدول (٧٧) : الاحتياجات الغذائية للنمو وانتاج البيض

المركب الغذائي	الكتاكيت النامية		الدجاج البياض
	الفقس حتي ٤ اسبوع	من ٤ حتي ٦ اسبوع	
الطاقة ك. كالوري/ كجم	٣٢٠٠	٣٢٠٠	٢٨٠٠
البروتين الخام %	٢٣	٢٠	١٧
الكالسيوم %	١.٠٠	٠.٩٠	٣.٢٥
الفوسفور المتاح %	٠.٤٥	٠.٣٥	٠.٤٠
الميثونين %	٠.٥٠	٠.٣٨	٠.٣٥
الليسين %	١.١٠	١.٠٠	٠.٧٠

المصدر: NRC, 1994

ومن هذا الجدول يتضح ما يلي :

أ- **النسبة بين الطاقة : البروتين الخام وتسمي Calorie : Protein Ratio (CP)**
فهى تساوي (٣٢٠٠÷٢٣) = ١٣٩ للكتاكيت النامية فى الفترة من صفر ٤ اسبوع وتسمى فترة النمو Growing وتساوي ايضاً (٣٢٠٠÷٢٠) = ١٦٠ لنفس الكتاكيت النامية فى الفترة من ٤-٦ اسبوع وتسمي فترة التهيئة (تهيئة الطائر للتسويق) Finishing اما بالنسبة للدجاج البياض فإن الـ C/P = (٢٨٠٠÷١٧) = ١٦٥.

ب- **النسبة بين الكالسيوم : الفوسفور المتاح :**
Ca حيث تكون (١÷٠.٤٥) أى (٢.٢÷١) أو (٠.٩٠÷٠.٣٥) أي (٢.٦÷١) للكتاكيت النامية فى فترتي الـGrowing. الـ Finsishing على الترتيب بينما تكون النسبة أعلى من ذلك (٣.٢٥ ÷ ٠.٤٠) = (٨÷١) للدجاج البياض.

وتعتبر هذه القيم السابقة Av.P, C/P ratio بجانب الاحماض الامينية الضرورية من المقاييس الهامة والضرورية لتقييم والحكم علي جودة الغذاء المقدم للطائر وانه يفي باحتياجاته من المركبات الغذائية المختلفة سواء للنمو أو لانتاج البيض مثل هذه الجداول تفيد جداً عند عمل خلطات او تركيب علائق الدواجن عملياً للتغذية عليها فى الاغراض المختلفة.

المعادن : Minerals

تؤدى المعادن وظائف هامة فى جسم الحيوان وهى ضرورية للنمو السليم والتكاثر ٠ بالاضافة الى كونها مكونات العظم والبيض والمشاركة فى العمليات الاساسية الاخرى ، كما أن عدم وجود المعادن فى العليقة يمكن ان يؤدى الى علامات نقص ، بمافى ذلك انخفاض استهلاك العلف ، انخفاض معدل النمو ، مشاكل الساق ، تطور نمو الريش الشاذ غير الطبيعى، تضخم الغدة الدرقية ، مشاكل التربية والتكاثر وزيادة معدلات النفوق تحتاج الطيور ١٤ عنصراً معدنياً على الأقل (جدول 3.4) ، ومن الممكن ان الاملاح المعدنية الاخرى قد تكون ضرورية ايضاً فى الجسم ، فى الظروف الطبيعية ومن المرجح ان الدواجن يمكن ان تحصل على جزء من احتياجاتها من المعادن بتناولها الاعلاف فى المرعى وبنقرها فى التربة ٠ ومع ذلك فان هذه المصادر لاتكون مضمونة لتوفير جميع احتياجاتها باستمرار ، لذلك يجب ان تستكمل علائق الدواجن باضافات الاملاح المعدنية ٠

احتياج المعادن بكميات كبيرة فيما يعرف بالعناصر المعدنية الكبرى macrominerals هذه تشمل الكالسيوم والفوسفور والكبريت والصوديوم وكلوريد البوتاسيوم والماغنسيوم ٠ احتياج المعادن فى صورة كميات صغيرة تسمى عناصر معدنيه صغرى او عناصر معدنية نادرة microminerals or trace minerals ٠ وتشمل هذه الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز واليود والسيلينيوم ٠ يكون الكوبلت مطلوب ايضاً ، ولكن مطلوب توفيره فى صورة عنصر نادر لأنه جزء من فيتامين ب١٢ فى العلائق التطبيقية ، يكون النحاس والحديد غالباً موجودان بمستويات كافية بدون اضافة ، وظيفة العناصر المعدنية النادرة هى جزء من الجزيئات العضوية الكبيرة ٠

يكون الحديد جزء من الهيموجلوبين والسيتوكروم cytochromes ، ويكون اليود جزء من هرمون الثيروكسين thyroxine وظيفة النحاس والمنجنيز والسيلينيوم والزنك كعوامل ضرورية لازمة للانزيمات ٠ احتياجات من العناصر المعدنية المعينه توفر غالباً من التركيزات الموجودة فى مواد العلف التقليدية ، تختلف التربة فى محتواها من العناصر المعدنية النادرة وتختلف النباتات فى امتصاص هذه المعادن ٠ وبناء على ذلك تنمو مواد العلف فى مساحات جغرافية معينة قد تكون حدية او ناقصة فى عناصر محدودة ٠

وهكذا تحتاج عادة علائق الدواجن للإضافه لضمان كمية كافية من العناصر المعدنية النادرة والاملاح المعدينة المستخدمة على شكل اضافات غذائية عادة لاتكون مركبات نقية ولكنها تحتوى على كميات متغيرة من الاملاح المعدنية الاخرى ، من العناصر المعدنية الاساسية ، تلك التى يحتمل ان يكون بها نقص فى علائق الدواجن هى الكالسيوم والفوسفور والصوديوم والنحاس واليود والمنجنيز والسيلينيوم والزنك ٠ اوجه القصور فى العناصر المعدنية الاساسية الاخرى هى اقل شيوعاً والعلائق المستخدمة محتمل ان تحتوى عليهم بكميات كافية ، هناك بعض المؤشرات ان الماغنسيوم قد يكون مفيد فى حالات معينة ٠

يمكن تصنيف الاحتياجات من الاملاح المعدنية كالتالى :

جدول رقم (٧٨)

Macrominerals	Trace minerals
كالسيوم	كوبلت
كلورين	نحاس
ماغنسيوم	يود
فوسفور	حديد
بوتاسيوم	منجنيز

صوديوم	سيلينيوم
كبريت	زنك

* متضمنة مواد العلف الغذائية ، مخلوط الاملاح ، الملح المدعم باليود

الكالسيوم والفوسفور : Calcium and Phoshprus

يكون الكالسيوم والفوسفور ضروريان لتشكيل وصيانة الهيكل العظمى ٠ وهم يشكلون معاً اكثر من ٧٠% من محتوى الاملاح المعدنية لجسم الطيور جنباً الى جنب مع بعضها البعض اساساً ، هذه القيم تشير الى اهمية الكالسيوم والفوسفور فى العليقة ، وجود احدهما بكمية غير كافية فى العليقة سوف يحدد الاستفادة من الآخر ، ويتم مناقشة هذان الملحين المعدنيين مع بعضهم لوجود علاقة وثيقة بينهم ، معظم الكالسيوم الموجود فى العليقة لنمو الطيور ويستخدم لتشكيل العظام ، فى حين انه فى دجاج البيض الناضج يستخدم معظم الكالسيوم الغذائى فى تكوين قشرة البيضة ٠ وظيفة اخرى للكالسيوم فى تخثر الدم ، والزيادة من الكالسيوم الغذائى تتداخل مع توافر المعادن الاخرى ، مثل الفوسفور ، الماغنسيوم والمنجنيز والزنك ٠ وهناك نسبة ما يقرب من ٢ كالسيوم الى واحد فوسفور غير فيتات (بالوزن) non-phytate phosphrous فى معظم علائق الدواجن من المناسب بالنسبة لمعظم علائق دجاج البيض يحتاج الى مستوى مرتفع جداً من الكالسيوم لتكوين قشرة البيضة ، كنسبة عالية ١٢ كالسيوم الى ١ فوسفور غير فيتات (بالوزن) وهو اكثر ملائمة لدجاج البيض ، الفوسفور بالاضافة الى وظيفته فى تكوين العظام ، يحتاج اليه ايضاً فى الاستفادة من الطاقة والمكونات الهيكلية للخلايا ٠

يكون احتمال نقص الكالسيوم عن نقص الفوسفور ، الحبوب النجيلية ، التى تشكل معظم علائق الدواجن ، منخفضة جداً فى الكالسيوم ، على الرغم من وجود الكالسيوم فى الحبوب النجيلية ومعظم مواد العلف تكون موجودة بنسبة عالية من الفوسفور ، البقوليات والمراعى توفر بعض الكالسيوم يكون محتوى الفوسفور فى الحبوب النجيلية ومخلفات الحبوب مرتفع، على الرغم من ان حوالى نصف او اكثر يكون على هيئة فيتات عضوية التى يكون هضمها سيئ فى الدواجن ، تهضم الطيور فقط حوالى ١٠% من الفوسفور على هيئة فيتات (NRC, 1994) ٠ الفوسفور فى المنتجات الحيوانية كاضافات فوسفور عموماً تعتبر جيدة الاستخدام ، الفوسفور فى مساحيق البذور الزيتية لديها ايضاً انخفاض فى التوافر البيولوجى ٠ وفى المقابل فان الفوسفور من مصادر البروتين التى من اصل حيوانى تكون فى صورة غير عضوية (معدنية) الى حد كبير (بمعنى فى هذا السياق لا تحتوى على الكربون ، بينما المركبات العضوية هى تلك التى تحتوى على كربون) ، ومعظم مصارد البروتين من منشأ حيوانى (بمافى ذلك اللبن ومنتجات اللحوم) لديها الفوسفور عالى التوافر البيولوجى ٠ الفوسفور فى مسحوق البرسيم المجفف يكون مرتفع التوافر وقد تبين ان عملية التكعيب بالبخار تحسن التوافر البيولوجى للفوسفور الذى من اصل فيتات فى بعض الدراسات عن الدراسات الاخرى والفوسفور فى اضافات الفوسفور غير العضوى (المعدنى) يختلف ايضاً فى التوافر البيولوجي نتيجة لذلك ، الاحتياجات الآن تخرج عن مصطلح الفوسفور المتاح available phosphorus او الفوسفور الذى ليس اصلة فيتات non-phytate phosphorus كمية كافية من فيتامين (د) تكون ضرورية ايضاً لعملية التمثيل الغذائى السليم للكالسيوم والفوسفور ، ولكن مستوى عال جداً من فيتامين (د) يمكن ان يعبأ (يأخذ) كميات كبيرة من الكالسيوم والفوسفور من العظام ٠

المعروف قليل عن توفر الكالسيوم فى مواد العلف ولكن مستوى الكالسيوم يكون عموماً منخفض جداً وان التوافر البيولوجي هو نتيجة لا تذكر الكالسيوم فى مصادر تكميلية شائعة مثل مسحوق الحجر الجيرى ، محار الصدف وثنائى فوسفات الكالسيوم متاح للغاية ٠ اظهر (1965) ,.Blair et al ان توافر الكالسيوم للكتاكيت كان مرتفع فى ثنائى فوسفات الكالسيوم عن مسحوق الحجر الجيرى ٠

علامات نقص الكالسيوم او الفوسفورتكون مماثلة لتلك فى نقص فيتامين (د) (NRC, 1994) تشمل انخفاض النمو وافتقار فى معادن العظام ، مما يؤدى الى الكساح فى صغار الطيور ولين العظام فى الطيور المسنة ازالة الكالسيوم من العظام لتلبية مطالب انتاج البيض عند استخدام علائق بياض تحتوى على كالسيوم غير كاف ٠ تظهر على الدجاج الصغيرة والكتاكيت التى لديهم عجز اعراض عظام لينة مطاطية التى تكسر بسهولة تحتوى البيضة على حوالى ٢ جرام من الكالسيوم فى القشرة وعلى ذلك يكون احتياج دجاج البيض للكالسيوم مرتفع ، وهناك نقص ناتج عن بيض ذو قشرة لينة وانخفاض انتاج البيض ومصطلح الضعف (layer farigue) ضعف دجاج البيض مرتبط ايضاً بنقص الكالسيوم (وكذلك الفوسفور او نقص فيتامين د) ، على الرغم من تقرير العجز فى الطيور الحبيسة فى اقفاص زيادة الكالسيوم ليس فقط يقلل الاستفادة من الفوسفور ولكن ايضاً يزيد من الحاجة الى الزنك فى وجود الفيتات ويمكن ان يؤدى الى نقص الزنك ٠ زيادة الكالسيوم يزيد ايضاً من الحاجة الى فيتامين ك ٠

الصوديوم ، البوتاسيوم والكلوريد Sodium, potassium and chloride كلوريد الصوديوم ، البوتاسيوم والكلوريد هى الأيونات الغذائية الاساسية التى تؤثر على التوازن الكهربى ووضع الاساس الحامضى والتوازن السليم الغذائى للصوديوم ، البوتاسيوم والكلوريد ضرورى للنمو ، تطور العظام ، نوعية قشرة البيض والاستفادة من الاحماض الامينية ٠ البوتاسيوم هو

ثالث العناصر الاكثر وفرة فى الجسم بعد الكالسيوم والفوسفور ، واكثر الاملاح وفرة فى الانسجة العضلية ٠ تشارك فى التوازن المنحل بالكهرباء وظيفة الاعصاب محتوى البوتاسيوم فى علائق الدواجن يكون عادة كاف ٠
يوجد الكلوريد فى عصارة المعدة والكلورين يكون جزء من جزئ حامض الهيدروكلوريك (HCL) الذى يساعد فى تحلل الغذاء فى معدة الطائر ٠ الصوديوم اساسى لتحفيز غشاء العصب والنقل الايونى عبر اغشية الخلايا علامات نقص الصوديوم ، البوتاسيوم او الكلوريد تشمل فقد الشهية ، ضعف النمو ، الجفاف وزيادة النفوق يمكن للدواجن ان تتحمل مستويات غذائية مرتفعة من كلوريد الصوديوم ، شريطة وجودهم بكميات كبيرة عند وجود مياة الشرب غير المالحة ٠

تقييم مدى اتاحة الفوسفور فى مصادرة النباتية والحيوانية :

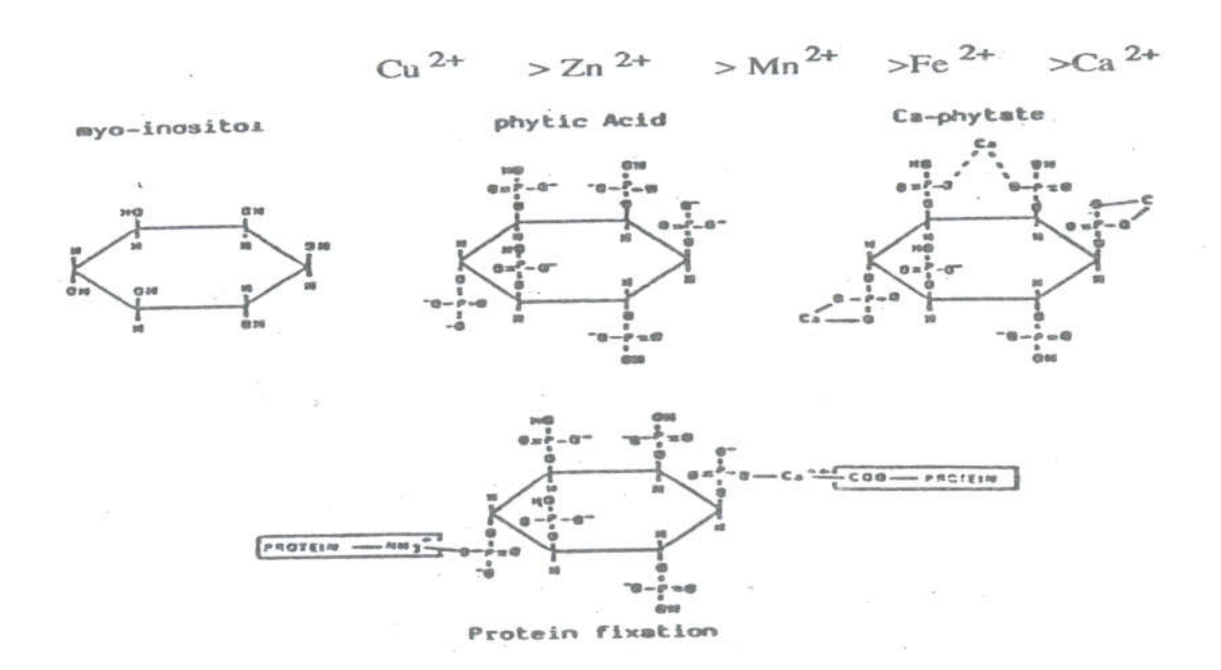
يوجد الفوسفور في الجيوب على صورة فيتات phytate (٤٥ الى ٧٥% من الفوسفور الكلى كما فى الجدول التالي) وهذه الصورة تعتبر غير متاحة لتغذية الدواجن لمدة طويلة وبالتالى فانه يوخذ فى الاعتبار لنسبة ٣٠% من الفوسفور الكلي من اصل نباتى عند حساب الفوسفور المتاح فى تركيبات الاعلاف المختلفة كوسيلة لتبسيط الحسابات وسهولتها. وبعد دراسات عديدة وخاصة دراسات Nelson (1980) فقد وجدت عدة عوامل تؤثر على مدي الاتاحة الحقيقية للفوسفور من أصل نباتى بالنسبة للدواجن وهذه العوامل هى :

١- طبيعة الكاتيونات Cation (s) المثبتة على اينون الفيتيك phytic anion.
٢- وجود ودرجة نشاط انزيمات الفيتز phytase enzymes فى الحبوب او فى القناة الهضمية للطائر.
٣- العميات الحرارية والميكانيكية التى تتم على الاغذية والاعلاف.

جدول رقم (٦٨): نسبة الفوسفور ودرجة نشاط انزيم الفيتيز فى مواد العف

Feedstuffs مواد العلف	الفوسفور الكلى (جم/كيلو جرام) Total P (g.kg)	فوسفور الفتيك % من الفوسفور الكلي phytic P% total P	درجة نشاط الفيتيز
Wheat	3.3.3.5	60-77	+++ +++
Barley	3.3.3.6	56-72	++ +++
Rye	3.4.3.7	65	+++ +++
Oats	3.4.3.8	55	+++
Corn	2.5.2.8	67	++
Sorghom	2.8.3.2	60-74	++
Rice	1.0.1.5	38-60	?
Rapeseed meal	8-11	60.73	?
Soybean meal	6.7	60	++
Cotton seed meal	8.10	70	+
Pea	3.6.5.0	40-50	?
Lupine	3.6.4.5	53-59	?
Field bean	4.6	45-60	?
Wheat bran	10-12	85-90	?

والحبوب يوجد بها الفوسفور فى صورة مركبات عضوية غالباً مثل الفوسفوليبيدات والفوسفوبروتينات والكربوهيدرات المحتوية فوسفور. وكميات صغيرة توجد فى البروتينات النووية والتى تحرر حمض الفوسفوريك بتحليلها مائياً.
ومن اهم المركبات الكربوهيدرات الفوسفورية الشائعة Phosphoric carbohydrate compound حمض الفيتيك Phytic acid or myo-inositol hexa phosphoric acid وهو يحتوى على ستة مجموعات PO_4H مرتبطه بروابط مختلفة مع Cations وفى الجبوب يوجد غالباً على صورة فيتين phytin وهو مخلوط غير ذائب تماماً لاملاح مختلفة من Fe^{2+}, Zn^{-2+}, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} ومعقد من البروتين وحمض الفتيك Protein phytic acid complex ودرجة ثبات هذه المركبات المتكونة مع الكاتيونات الثنائية التكافؤ تكون على الترتيب التالي :



ويمثل الفيتيز Phytase فى الحبوب كمخزن للفوسفور والمعادن والطاقة يستخدم اثناء عمليتى الانبات. والأجزاء الاخري من النبات يحتوى على كميات صغيرة جداً ممكن اهمالها من phytase فى الماء تؤثر بدرجة كبيرة على فوسفور الفنتيك phytic phosphorus المهضوم المستخدم، فنجد ان كالسيوم الفيتات Calcium phytate اكثرهما غير ذائب بينما صوديوم الفيتات Sodium phytate يكون ذائب ومن المعلوم ان الكالسيوم الفيتات غير الذائب فى الحبوب لا يلعب دور هام ولكن تكوين كالسيوم فيتات خلال القناة الهضمية يكون هم الاكثر اهمية ويمثل مشكلة.

تقدير مدى اتاحة الفوسفور من اصل نباتى للدواجن :

Biolgical Availability of plant phosphonus for poultry:

يتم تقييم Phosphorus bio-availability عامة بواسطة Bone mineralization test طبقاً لآبحاث وطريقة Yoshids and gisgkk (1977) ويشمل خمس نقاط :

١- عليقة اساسية ذات محتوى منخفض من الفوسفور.
٢- عليقتان تحتويان على مستويين من مصدر الفوسفور الكونترول Control phosphorus source (مثال ذلك مستوى ٠.١٥ مستوى ٠.٣%).
٣- عليقتان تحتويان على مستويين من مواد العلف المراد اختبارها (حوالي ٠.٠٧ – ٠.١٤% من الفوسفور الكلي فى حالة الحبوب).
٤- يحسب Phosphorus availability من النسبة بين معاملي انحدار كلا مستويين الفوسفور فى العليقتين على القيم المسجلة لبيانات العظم.استخدام كتاكيت عمر يوم فى هذا التقيم تتغذي على علائق خالية من الفوسفور غير العضوي يعتبر مستحيل لزيادة نسب النفوق بمعدلات عالية ولذا يستخدم كتاكيت اعمارها تتراوح بين ٧ ، ١٧ يوم بعد تغذيتها فى الاسبوع الاول من العمر على علائق تحتوى ٠.١% فوسفور غير عضوى. وممكن استخدام Toes, Tibias فى الاختبارات Mineralisation testes ومن التجربة ثبت ان Toes أسهل فى التقديرات ولا يتم ازالة الدهن منه قبل التقدير.

قيم الفوسفور المتاح فى مواد العلف المختلفة Values of phosphorus availability in different feed stuffs موضحة فى الجدول التالي:

جدول رقم (٦٩): محتوى الفوسفور المتاح للدواجن فى مواد العلف الرئيسية

(جم/كيلوجرام)

مواد العلف	الفوسفور الكلي Total phosphorus	الفوسفور المتاح Available phosphorus
Cereal grains		
Oat	3.4	0.8
Wheat	3.3	1.8

Corn	2.7	0.5
Barley	3.5	1.7
Rye	3.4	1.7
Sorghom	3.0	0.5
Triticale	4.0	2.2
By-products		
Wheat bran	11	6
Corn solubes	7	6
Barley solubles	5	4
Leguminous grains		
Field bean	6.0	1.5
Lupine	4.0	0.8
Pea	4.2	1.5
Alfalfa meal	2.5	2.2
Meals		
Rapesced	10	2.2
Cotton seed	10	1.0
Palm kernel-meal	6.0	0.9
Soya bean	6.5	1.0
Sunflower seed	9.0	1.5
Single cell proteins		
Spiruline algae	10	4
Yeasts	15	10
Pruteen ici	21	14
Animal products		
Fish meal 65 lean	35	30
Fish meal 72 lean	18	15
Meat & bone meal 50 lean	48	39
Meat & bone meal 55 fat	37	30

الماغنسيوم : Magnesium

الماغنسيوم هو عامل مساعد فى انظمة عديده من الانزيمات المكونة للعظام يوجد الماغنسيوم فى علائق الدواجن عادة بكميات كافية ، تشمل علامات نقص الماغنسيوم الخمول ، اللهث ، التشنجات يليها الموت ٠

الكبريت : Sulfur

الكبريت هو عنصر اساسى ولكن غير موجود فى العليقة بكميات كافية ، عمل المكملات غير ضرورى ٠

العناصر المعدنية النادرة : Trace minerals

وقد تبين انه يوجد ستة معادن نادرة يحتاج اليها كمكملات فى علائق الدواجن الحديد ، النحاس ، الزنك ، المنجنيز ، اليود ، والسيلينيوم نقص السيلينيوم تحت الاكلينيكى محتمل حدوثة بشكل متكرر اكثر مما هو معروف من قبل منتجى الدواجن تعانى بعض الاراضى من نقص طبيعى فى العناصر النادرة ٠ بالاضافة الى ذلك تختلف المحاصيل والنبات فى امتصاص هذه المعادن ، وبالتالى مواد العلف التى تنمو فى مناطق جغرافية معينة قد تعانى من نقص هامشى او نقص فى عناصر معدنية معينة ٠ بعض المناطق فى امريكا الشمالية تجربة هطول الامطار عالية مما يؤدى الى ارتشاح ونقص السيلينيوم بالتربة ٠

ونتيجة لذلك ، لوحظ نقص السيلينيوم فى الحيوانات الزراعية فى آسيا عند التغذية على الاذرة وكسب فول الصويا المنتج فى امريكا ولكن عندما لايتغذون على الاعلاف النامية محلياً ٠

موردون الاعلاف عادة يكونوا على بينة من المستويات التى بها عجزاً ونقص (والكافية) من العناصر النادرة الموجودة فى مواد العلف والتى سوف توفر العناصر النادرة عند خلطها بشكل مناسب ٠

أظهرت العديد من الدراسات ان حذف العناصر النادرة فى علائق الدواجن خفض الانتاجية وتركيزات المعادن فى الانسجة، وجد Patel et al., 1997 ان ازالة اضافات العناصر المعدنية النادرة والفيتامينات من العليقة اثناء فترة ٣٥-٤٢يوم بعد الفقس يخفض الزيادة اليومية فى الوزن فى ثلاث سلالات دجاج التسمين مختلفة ٠ بالاضافة الى ذلك ، ازالة اضافة الريبوفلافين من عليقة الناهى ٧ ايام قبل الذبح نتج عنه انخفاض بنسبة ٤٣% فى محتوى الريبوفلافين فى عضلات الصدر ، قرر Shelton and Southern, 2006 ان حذف العناصر المعدنية من مخلوط معادن علائق التسمين ليس له تأثير على الانتاجية اثناء المرحلة الاولى من النمو ولكن لديها تأثيرات ضارة بطريقة تقدميه على الانتاجية مع زيادة عمر

الطيور • بالاضافة الى ذلك ، ازالة العناصر المعدنية النادرة لدية تأثير سلبى على قوة العظام وتركيزات المعادن النادرة فى الانسجة، اجريت دراسة على الرومى بواسطة Inal et al., 2001 على دجاج البيض اظهرت ان حذف اضافات العناصر المعدنية النادرة والفيتامينات نتج عنه انخفاض انتاج البيض ، المستهلك من الغذاء ، حجم البيض ومحتوى الزنك فى البيض • هذه النتائج ذات اهمية لمنتجى المنتجات العضوية ونظراً لأهميتها بالنسبة لكفاءة الانتاج وجودة المنتج •

الكوبلت : Cobalt

الكوبلت هو مكون جزئ فيتامين ب١٢ ولكن نقص الكوبلت لم يظهر فى الدواجن المغذاه على عليقة كافية من فيتامين ب١٢ لذلك اضافة هذه العنصر ليس من الضرورى عادة ، العلائق التى لا تحتوى على عناصر ذات الأصل الحيوانى لا تحتوى على فيتامين ب١٢ لذلك الدواجن المغذاه على علائق كلها نباتية قد تحتاج الى كوبلت غذائى ، اذا لم يضاف للعليقة فيتامين ب١٢ • فى الممارسة العملية العديد من مصنعى الاعلاف يستخدمون ملح الكوبلت المعالج باليود ، لكل الانواع حيث ان الكوبلت مطلوب فى علائق الحيوانات المجترة وغير المجترة وادارج الكوبلت يوفر بعض التأمين فى حالة علائق الدواجن التى تفتقر فى فيتامين ب١٢ •

النحاس : Copper

النحاس مطلوب لنشاط الانزيمات المرتبطة بتمثيل الحديد ، الالستين elastin وتكوين الكولاجين Collagen انتاج الميلانين melanin وسلامة الجهاز العصبى المركزى الحديد مطلوب لتكوين خلية الدم الحمراء العادية النحاس ايضاً مطلوب لتكوين العظام ، خلايا المخ وهيكل العمود الفقرى ، استجابة المناعة ، تطور الريش والتلوين يؤدى نقص النحاس الى تهيئة نقص الحديد ، تكوين دم غير طبيعى وانخفاض تخليق الالستين elastin ، المايلين myelin والكولاجين collagen ضعف الساق، ومختلف انواع ودرجات عوج الساق ومما ينتج عنه ايضاً عدم تناسق (عدم اكتمال) العمل العضلى، شذوذ التغضرف الزنبوبى tibial dyschondroplasia كمثال اضطراب الساق فى الدواجن الذى يمكن حدوثة بنقص النحاس • نقص تكوين الكولاجين و / أو الالستين يمكن ان يؤدى ايضاً الى آفات القلب والاوعية الدموية cardiovascular lesions التمزق الابهرى aortic rupture خاصة فى الرومى •

اليود : Iodine

من المعروف من اكثر من ١٠٠ عام ان اليود مطلوب لحسن سير الغدة الدرقية وان نقص اليود يحدث مرض تضخم الغدة الدرقية goiter • ونتيجة لذلك يستخدم الآن الملح المعالج باليود لمنع هذا المرض فى الانسان والحيوانات • التمثيل الغذائى لليود له تأثر كبير عن طريق التغذية بالسيلينيوم ، وبالتالى التأثير على معدل التمثيل الغذائى الاساسى والعمليات الفسيولوجية • بعض العوامل الغذائية محدثة تضخم الغدة الدرقية goitrogenic •

تحتوى النباتات من العائلة الصليبية على مواد محتملة لاحداث تضخم الغدة الدرقية فى حين أن الـ brassicas والبرسيم الابيض يحتوى على الـ cyanogenetic glycosides التى تحدث تضخم الغدة الدرقية الـ goitrogenic (Underwood and Sutrle, 1999) مسحوق الكنولا canola meal الناتج من انتخاب بذور اللفت rapeseed التى تكون منخفضة فى الـ glucosinolate ، تحدث مرض تضخم الغدة الدرقية الشائعة ، يوجد أيضاً مواد محدثة تضخم الغدة الدرقية giotrogenic substances فى مواد العلف الآخرى مثل الجزر ، بذور الكتان ، الكسافا Cassava والبطاطا الحلوة ، والفاصوليا limabeans ، الدخن millet والفول السودانى ، بذور القطن وفول الصويا التى تضعف افراز الهرمون من الغدة الدرقية ، يمكن ان يحدث مرض تضخم الغدة الدرقية حتى وعلى الرغم من أن مستوى اليود فى العليقة قد يبدو كافياً •

مستوى الكالسيوم فى ماء الشرب يكون ايضاً معروف لخفض اليود الممتص ويحدث نتيجة لذلك تضخم الغدة الدرقية ، لا سيما اذا كان مستوى اليود الغذائى هو الحد الفاصل ، علامات نقص اليود تشمل تضخم الغدة الدرقية (الذى قد لا يكون ملاحظاً بسبب الريش على الرقبة) ، انخفاض النمو وانخفاض نسبة تفقيس البيض ، فى التشريح At necropsy ، تضخم ونزف الغدة الدرقية •

معظم مواد العلف تحتوى فقط على مستويات منخفضة من اليود ، باستثناء الاعشاب البحرية التى يمكن ان تحتوى على ٤٠٠٠-٦٠٠٠ ملليجرام / كجم من اليود •

الحديد : Iron

يكون معظم الحديد الموجود فى الجسم فى صورة هيموجلوبين haemoglobin فى خلايا الدم الحمراء والميوجلوبين myoglobin فى العضلات • والباقى فى الكبد ، الطحال والانسجة الاخرى ، يكون الهيموجلوبين ضرورى لحسن سير العمل فى كل عضو وانسجة الجسم • الحديد لدية معدل دوران سريع فى الطيور ، لذلك يجب توفيره فى صورة قابلة للاستفادة العالية من العليقة على اساس يومى • يمكن ان ينتج عن نقص الحديد ، وجود كرات دم حمراء صغيرة الحجم microcytic ، انخفاض الصبغات وفقر الدم فى الدواجن • اى عدوى داخلية قبل الكوكسيديا يمكن ايضاً ان تتداخل مع امتصاص الحديد وتؤدى الى نقصه •

تحتوى التربة على الحديد ويمكن ان يتوفر بكميات كافية للدواجن ، النشأة فى الهواء الطلق على الكلأ (المرعى) ٠ ومن المهم مع ذلك ، أن تكون التربة خالية من الكائنات المرضية والطفيلية ٠

المنجنيز : Manganese

المنجنيز ضرورى لتخليق كبريتات شوندروتن chondroitin sulfate الـ mucopolysaccharide التى هى عنصر هام من غضاريف العظام ٠

المنجنيز ايضاً ضرورى للنشاط الانزيمى اللازم لتخليق السكريات العديدة والجليكوبروتين وعنصراً رئيسياً للبيروفات كربوكسيلاز pyruvate carboxylase وهو انزيم حاسم فى عملية التمثيل الغذائى للكربوهيدرات ٠ يعتمد ايضاً التمثيل الغذائى للدهون على المنجنيز ، ينتج عن نقص المنجنيز فى الدواجن تشوة العظام قصر العظام bone shortening (chondrodystroply) تكوين اجنة مشوهة ، ركوع فى الساقين وضعف جودة قشر البيض فى الدجاج البياض ٠ يحدث ايضاً انخفاض معدل النمو وكفاءة التحويل الغذائى عند نقص المنجنيز ٠

السيلينيوم : Selenium

السيلينيوم عنصر هام لانزيم الجلوتاثيون بيروكسيديز glutathione peroxidase الذى يدمر الـ peroxidase قبل ان يتمكنوا من اضرار انسجة الجسم ، فيتامين هـ فعال ايضاً كمضاد للأكسدة ٠ لذلك على حد سواء كل من السيلينيوم وفيتامين هـ بيمنعا الـ peroxide تدمير خلايا الجسم ، وهذا يساعد الجسم على آليات الدفاع ضد الاجهاد ، معظم الاعلاف تحتوى على مركبات التى يمكن ان تشكل الـ Peroxides ٠ الاحماض الدهنية غير المشبعة مثال جيد لذلك٠ يحدث التزنخ فى الاعلاف تشكيل للـ peroxides التى تدمر المركبات الغذائية ٠ فيتامين هـ ، على سبيل المثال ، من السهل ان يدمر بواسطة التزنخ ٠ السيلينيوم يعمل كبديل (قطعة غيار) كعامل مضادر لأكسدتة ٠ السيلينيوم وفيتامين هـ مرتبطان فى وظائفهما البيولوجية ، كلاهما مطلوب من قبل الطيور ولهما ادوار التمثيل الغذائى فى الجسم ، بالاضافة الى ما يخلفاه من آثار مضادة للأكسدة ، وفى بعض الحالات فيتامين هـ يعوض بدرجات متفاوته السيلينيوم ، او العكس بالعكس، ولكن هناك اعراض نقص التى تستجيب فقط الى السيلينيوم او فيتامين هـ ٠ على الرغم من ان السيلينيوم لايمكن استبداله بفيتامين هـ ، فانه يقلل من كمية فيتامين هـ المطلوبة ويؤخر ظهور علامات نقص فيتامين هـ ، يلعب السيلينيوم دوراً هاماً فى زيادة الاستجابة المناعية جنباً الى جنب مع فيتامين هـ ٠ الموت المفاجئ يكون شائع مع نقص السيلينيوم ٠ تلعب الـselenoprotein الاخرى فى الدواجن دوراً هاماً فى الوقاية من exudative diathesis (انتاج او ربما oedema شديدة أو زيادة ملحوظة فى نفاذية الشعيرات الدموية يسبب اتلاف الخلية) والحفاظ على وظيفة البنكرياس الطبيعى والخصوبة ٠ افات التشريح الاجمالى من نقص السيلينيوم مماثلة لتلك التى عند نقص فيتامين هـ (NRC 1994) وتشمل الـ exudative diathesis واعتلال عضلى فى القونصة ٠ شحوب وضمور فى عضلات الهيكل العظمى (مرض ابيضاض العضلات) يكونا شائعين ٠ الاصابة ودرجة نقص السيلينيوم قد يزداد بواسطة اجهاد البيئة ٠ السيلينيوم بصفة عامة مدرج فى مخلوط الاملاح المعدنية ٠ المصادر الشائعة للاضافات علائق الدواجن تكون زيلونيت الصوديوم sodium selenite وسيلينات الصوديوم sodium selenate تستخدم ايضاً خميرة السيلينيوم فى العلائق التقليدية ٠

زيادة السيلينيوم الغذائى والتى ينبغى تجنبها بسبب احتمال سميتها عند المستويات المرتفعة فى العليقة ولوائح الاعلاف مصممة على اساس منع حدوث هذا ٠

الزنك : Zinc

موزع الزنك على نطاق واسع خلال الجسم ويوجد فى العديد من الانظمة الانزيمية التى تشارك فى عملية التمثيل الغذائى ، مطلوب فى تخليق البروتين الطبيعى وتمثيله الغذائى ويكون ايضاً عنصر فى الانسولين بحيث يعمل على التمثيل الغذائى للكربوهيدرات ، يلعب الزنك دور هام فى الدواجن ، خاصة فى الدجاج البياض كعنصر من العناصر المكونة لعدد من الانزيمات مثل carbonic analydrase ، الذى يكون ضرورى لتكوين قشرة البيضة فى غدة القشرة، وغيرها من انزيمات الزنك الهامة فى الدواجن تشمل carboxypeptidases and DNA polycrases ٠

تلعب هذه الانزيمات دور هام فى الاستجابة المناعية فى الجلد ، التئام الجروح وانتاج الهرمونات ٠ دلائل كلاسيكية على وجود نقص الزنك فى الدواجن تشمل : قمع النظام المناعى ، انخفاض تكوين الريش ، التهاب جلد القونصة ، انخفاض التفقيس وانخفاض جودة القشرة ٠ يخفض امتصاص الزنك مع العلائق المرتفعة فى الكالسيوم او الفيتات ٠ الزنك فى كسب فول الصويا ، كسب القطن ، كسب السمسم واضافات البروتينات الاخرى لديها توافر منخفض ، يرجع ذلك الى وجود الفيتات فى مواد العلف التى تتحد مع الزنك لتكون فيتات الزنك ٠

الفيتامينات : Vitamins

الفيتامينات هى مواد عضوية (المحتوية على الكربون) مركبات عادية مطلوبة للنمو والمحافظة على حياة الحيوان ، غياب فيتامين معين فى العليقة ، او ضعف امتصاصة او الاستفادة منه ، ينتج عنه امراض نقص معينة او متلازمة Syndrome تعريف مقبول عموماً للفيتايمن هو مركب عضوى الذى :

١-مكون من المواد الغذائية الطبيعية او العلفية ولكن يختلف عن الكربوهيدرات ، الدهون ، البروتين والماء ٠

٢-موجود فى الاعلاف بكميات ضئيلة ٠

٣-ضرورى من اجل التطور الطبيعى للأنسجة والصحة ، النمو والصيانة ٠
٤-عند غيابه فى العلائق ، عدم امتصاصها بشكل صحيح او استخدامها ، ينتج عن ذلك مرض نقص معين او متلازمة syndrome ٠
٥-لا يمكن تخليقها بواسطة الحيوان ، وبالتالى يجب الحصول عليها فى العليقة ٠
هناك استثناءات على ما تقدم ، معظم او جميع الفيتامينات يمكن تخليقها كيميائياً ، يمكن تخليق فيتامين د فى جلد الحيوانات بواسطة تعريض الحيوانات للأشعة فوق البنفسجية وحامض النيكوتينك (nicotinic acid) يمكن تخليقة فى الجسم من الحامض الامينى التريتوفان AAtryptophan على الرغم من ان الفيتامينات مطلوبة بكميات صغيرة ، والا انها لها وظائف ضرورية للمحافظة على النمو الطبيعى والتكاثر ، بعض الفيتامينات يمكن للطائر تخليقها بكميات كافية لمقابلة احتياجاته ٠ بعضها يوجد بكميات كافية فى مواد العلف الشائعة الاستخدام فى علائق الدواجن ، والاخرى يجب اضافتها ٠
على الرغم من ان اجمالى كمية الفيتامين تبدو انها كافية ، بعض الفيتامينات يوجد فى اشكال مرتبطة او غير متاحة ٠ تكون الاضافات من ثم ضرورية ٠

تصنيف الفيتامينات Classification vitamins

تكون الفيتامينات اما قابلة للذوبان فى الدهون او قابلة للذوبان فى الماء وعادة ما تصنف بهذه الطريقة ، كان فيتامين أ اول فيتامين يكتشف وهو ذائب فى الدهن ، الفيتامينات الاخرى اكتشفت مؤخراً (حديثاً) فى هذه المجموعة فيتامين د ، هـ ، و ، ك ٠
يتم امتصاص الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهن فى الجسم مع الدهون الغذائية ، من خلال عمليات مماثلة ، يتأثر امتصاصهم بواسطة نفس العوامل المؤثره على امتصاص الدهون ٠يمكن تخزين الفيتامينات التى تذوب فى الدهون بكميات ملموسة فى اجسام الحيوانات ، وعندما تفرز من الجسم فانه تظهر فى الفضلات (الزرق) ٠
اكتشف اول فيتامين ذائب فى الماء وسمى فيتامين ب للتمييز بين فيتامين أ ٠ وفى وقت لاحق من ذلك اكتشفت فيتامينات ب وأعطيت اسماء مثل فيتامين ب١ ، ب٢ ، ٠٠٠٠ الخ ، تستخدم الآن الاسماء الكيميائية المعنية فى التمييز بين الفيتامينات التى تذوب فى الدهون ، فان الفيتامينات التى تذوب فى الماء لايمتص مع الدهون ولا تخزن فى كميات ملموسة فى الجسم (مع احتمال استثناء فيتامين ب١٢ والثيامين) ٠ الزيادة من هذه الفيتامينات تخرج بسرعة فى البول ، الامر الذى يتطلب امدادات غذائية ثابتة ٠

جدول رقم (٧٩): ملخص لصفات الفيتامينات الذائبة فى الدهون والذائبة فى الماء

	Fat - Soluble	Water - Soluble
Chemical composition occurrence in feeds	C, H, O only provitamins or precursors may be present	C,k H, O + N, S and Co No precurknown (except tryptophan can be converted to niacin)
Function	Specific roles in structural units. Exist as several similar compounds	Energy transfer; all are required in all cells, as coenzymes. One exact compound
Absorption Storage in body	Absorbed with fats Substantial; primarily in liver, adipose tissue; not found in all tissues	Simple diffusion Little or no stirage (except vitamin B12 and possibly thiamin)
Excretion	Faecal (exclusively)	Urinary (minly); bacterial products may appear in faeces
Importance in diet	All animals	Non-ruminants only(generally)
Grouping	A, D, E, K	B complex, C, Choline

تحتاج الدواجن الى ١٤ فيتامين ، ولكن ليست كلها متوفرة فى العليقة قدم Scott el al., (1982) وصف جيد تأثيرات نقص الفثيامين فى الدواجن لاتحتاج الدواجن لفيتامين ج فى علائقهم لأن انسجة الجسم يمكن ان تخلق هذا الفيتامين ٠ يجب ان توفر باقى الفيتامينات الاخرى فى العليقة بكميات مناسبة للدواجن للنمو والتكاثر ، يحتوى البيض عادة على فيتامينات كافية لامداد احتياجات تطور الجنين ، لهذا السبب فان البيض يكون احد افضل المصادر الحيوانية للفيتامينات فى اغذية الانسان٠

جدول رقم (٨٠): احتياجات الدواجن من الفيتامينات

Fat - soluble	Water - soluble
Vitamin A[a]	Biotin[a]
Vitamin A[a]	Choline[a]
Vitamin E[a]	Folacin[a]

Vitamin K[a]	Niacin[a]
	Pantothenic acid[a]
	Riboflavin[a]
	Thiamin
	Pyridoxine
	B12 (cobalamin)[a]
	Vitamin C (ascorbic acid)

*– توفير الاحتياجات فى صورة اضافات غذائية

الفيتامينات التى تذوب فى الدهون : Fat-soulble vitamins

يجب توفير فيتامين (أ) او مولداته فى العليقة ٠ يوجد هذا الفيتامين فى اشكال مختلفة (Vitamins) : الريتينول (الكحول) ، ريتينال (الدهيد) وحمض ريتينويك وفيتامين (أ) بالميتات (استر) ٠ يعبر عادة عن الاحتياجات من فيتامين (أ) بالوحدات الدولية (IU) لكل كيلو جرام من العليقة ٠

المقاييس (المعايير) الدولية لنشاط فيتامين أ تكون كما يلى :

واحد وحدة دولية من فيتامين (أ)٠ نشاط فيتامين (أ) من ٠.٣ ملليجرام من فيتامين (أ) الكحول كريستال retinol ، ٠.٣٤٤ملليجرام من فيتامين (أ) استبدال acetate او ٠.٥٥ ملليجرام من فيتامين (أ) بالمتات palmitate ٠

واحدة وحدة دولية من نشاط فيتامين (أ) تعادل نشاط ٠.٦ ملليجرام للـ B-carotene ، بالتبادل = 1 mg B-carotene 1667 IU vitamin A (للدواجن) فيتامين (أ) له ادوار اساسية فى الرؤية ، العظام ونمو العضلات ، التكاثر وصيانة الانسجة الطلائية صحية ٠ توجد طبيعياً مولدات فيتامين (أ) فى بعض البذور ، والخضروات الورقية الخضراء والاعلاف الخضراء مثل البرسيم ٠

الشكل الشائع للمولد يكون بيتا كاروتين الذى يمكن ان يتحول الى فيتامين (أ) جدار الامعاء الدقيقة ، يوجد الكاروتين بكميات كبيرة فى المراعى، وتبن البرسيم او مسحوق البرسيم ، والاذرة الصفراء والكاروتين وفيتامين (أ) يدمرا بسرعة عند التعرض للهواء، الضوء والتزنخ خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة ، نظراً لأنه من الصعب تقييم كمية فيتامين (أ) فى العليقة ، ينبغى استكمال العلائق من هذا الفيتامين ٠

اعراض النقص فى الدواجن تشمل : عدم تناسق العضلات ، ترسيب حامض اليوريك فى الحالبين والكليتين وعموماً Unthriftiness ٠

يستقبل الدجاج كميات كافية من فيتامين (أ) لانتاج عدد قليل من البيض الذى لا يفقس ، علامات اخرى للنقص فى الدواجن تشمل انخفاض المستهلك من العليقة ، التعرض لالتهابات الجهاز التنفسى وغيرها ، وفى نهاية المطاف الموت٠

تحتاج الطيور الى فيتامين (د) للامتصاص وترسيب الكالسيوم ، وتكون تأثيرات النقص شديدة ولاسيما فى الطيور الصغيرة٠ تستقبل الطيور العلائق الناقصة او المنخفضة فى فيتامين (د) يتطور بسرعة الكساح مشابهة للذى ينتج عن نقص الكالسيوم او الفوسفور ٠ فشل فى نمو العظام عادة فى التكلس وتأخر فى النمو ، وفى كثير من الاحيان غير قادرة على المشى الدجاجات المغذاه على علائق بها نقص من فيتامين (د) تضع بيض رقيق القشرة تدريجياً بتقدم العمر حتى توقف الانتاج ، وعدم اكتمال تطور الجنين ، وربما الآن الجنين لا يمكن ان يمتص الكالسيوم من قشرة البيض ٠

مثل غيرها من الفيتامينا التى تذوب فى الدهون ، يمتص فيتامين (د) فى القناة الهضمية مع غيرها من الدهون اثنين من المصادر الطبيعية الرئيسية لفيتامين (د) تكون (فيتامين د٣ الشكل الحيوانى cholecalciferol ، فيتامين د٢ الشكل النباتى ergocalciferol ، الدواجن يمكن ان تستفيد من الشكل د٣ بكفاءة فى حين ان الخنازير والحيونات الاخرى يمكن استخدامها على حد سواء ، معظم مواد العلف باستثناء sun-cured hays تكون منخفضة فى هذا الفيتامين ، وبالتالى يصبح من الضرورى التكملة وخصوصاً خلال فصل الشتاء ، يمكن تخليق فيتامين د فى الجسم بفعل اشعة الشمس على المولد 7-dehydrocholesterol على الجلد الذى فى الصيف يمكن توفير كل الاحتياجات من فيتامين (د) للدواجن المرباه فى الهواء الطلق ٠ الاشعاع فى حزمة الاشعة فوق البنفسجية (UVB; 290 – 315 nm) جزء من الطيف الشمسى الذى يعمل على 7-dehydrocholesterol فى الجلد لانتاج طليعة فيتامين د٣ (previtamin D3) الذى من ثم يتحول فى الجسم الى اشكال نشطة من الفتامين ٠ خط العرض والفصل من السنة تؤثر على كل من كمية ونوعية الاشعة الشمسية التى تصل الى سطح الارض وخصوصاً فى المنطقة فوق البنفسجية من الطيف ٠

اظهرت دراسات (Webb et al., 1998) ان 7-dehydrocholesterol فى جلد الانسان المتعرض لأشعة الشمس فى ايام صافية فى بوستن (42.2 ºN) من نوفمبر – فبراير لانتاج طليعة فيتامين د٣ (previtamin) ٠

فى ادمونتون (52 ºN) ، وهذا غير فعال فى فترة الشتاء التى تمتد من اكتوبر حتى مارس ، والى الجنوب (٣٤ درجة شمالاً و ١٨ درجة شمالاً) ضوء الشمس يحول ضوئياً بكفاءة الـ 7-dehydrocholesterol الى طليعة فيتامين د٣ (Previtamin D3) فى منتصف الشتاء من المفترض ان تسود حالة مماثلة فى جنوب نصف الكرة الغربى ٠ اظهرت هذه النتائج تأثيرات درامية من التغيرات من الاشعاع الشمسى فوق البنفسجى على تركيب فيتامين د٣ فى الجلد ، وبيان تأثير خط العرض على طول فيتامين (د) خلال فصل الشتاء الاضافات الغذائية من هذا الفيتامين ضرورية لايواء الدواجن فى الهواء الطلق ٠ منتجى الدواجن العضوية بحاجة الى ان تدرك من هذه النتائج ، بدون اضافات هناك تقلبات موسمية فى مخازن الجسم من الفيتامين فى الدواجن الساكنة فى الهواء الطلق ٠ وتتطلب الاضافات الغذائية خلال فصل الشتاء ، يتعرف على النقص لمرة واحدة ، الاضافة مع فيتامين د اصبح ممارسة شائعة ٠ قياس فعالية مصادر فيتامين د بالوحدات الدولية (International Units IU) او (International Chick Units ICU) وحدة دولية واحدة من فيتامين (د) تعرف على انها تعادل نشاط Crystalline D3 ٠.٢٥ ملليجرام ٠

فيتامين د مطلوب للنمو الطبيعى والتكاثر ، يكون المصدر الطبيعى الهام هو الفا توكوفيرول α-tocopherol الموجود فى الزيوت النباتية والبذور، الشكل الاستر (اى ان فيتامين د خلات Vitamin E acetate) يمكن تخليقه واستخدامه من الاضافات الغذائية ، تعرف الوحدة الدولية الواحدة كأنها تعادل نشاط واحد جرام DL-α-tocopherol ٠ الدور الغذائى لفيتامين د يكون مترابط ترابط وثيق مع السيلينيوم ويشارك بشكل رئيسى فى حماية الاغشية الدهنية مثل جدران الخلايا من التلف التأكسدى ٠ ورغم ان هذه العلامات هى مماثلة لتلك التى تظهر فى نقص السيلينيوم ، ليس من الممكن ان يحل السيلينيوم محل فيتامين د تماماً ، كل المركبات الغذائية مطلوبة فى العليقة ٠

فى الكتاكيت النامية ، النقص يمكن ينتج فى :

(١) لين الدماغ encephelomal acid او مرض الكتكوت المجنون ٠

(٢) exudative diathesis والناجمة عن افراط فى نفاذية الشعيرات الدموية ٠

(٣) ضمور العضلات ، يحدث لين الدماغ او مرض الكتكوت المجنون عندما تحتوى العليقة على دهون غير مشبعة التى هى عرضة للتزنخ ٠

بعض المواد المضادة للأكسدة ، بالاضافة الى فيتامين هـ تكون مؤثرة (فعالة) ايضاً ضد لين العظام ، يمنع مرض Exudative diathesis بواسطة عليقة السيلينيوم وضمور العضلات مرض معقد يتأثر بفيتامين هـ ، السيلينيوم ، والاحماض الامينية الميثايونين والليسين ، تحدث انخفاض نسبة التفريخ عندما تكون علائق تربية دجاج البيض بها عجز فى فيتامين هـ ٠ لمنع نقص فيتامين هـ الممكن ، علائق دواجن النمو ودجاج التربية تكون عادة مضاف اليها مصدر فيتامين هـ وربما مضادات اكسدة مناسبة ويوجد فيتامين ك طبيعياً فى عدة اشكال : (Phylloquinone (K_1)) الفيلوكينون (ك١) فى النبات و Menaquinone (K2) الميناكينون (ك٢) الذى يتم تصنيعة فى القناة الهضمية بواسطة الميكروبات ٠ فيتامين ك هو الذى يشارك فى تركيب البروثرومبين فى الكبد عامل تخثر الدم ، ومن هنا اشتق اسمة كفيتامين تخثر الدم او مضاد للنزف ٠ الدجاج او الكتاكيت المغذاه على عليقة بها نقص فى هذا الفيتامين تكون عرضة للنزف من اثر كدمة او اصابه اى جزء من الجسم ، وربما النزف حتى الموت ٠ الطيور الناضجة ليست بالسهولة ان تتأثر ولكن عندما تغذى دجاجات التربية على علائق ناقصة من فيتامين ك فان الكتاكيت لديها احتياجات من الفيتامين وعلى ذلك تكون عرضة لنزيف حاد لفترات طويلة من الوقت الى حد كبير لـ bloodclotting ٠ بعض اضافات الاعلاف قد يكون بها زيادة من احتياجات فيتامين ك ٠ عند الحاجة ، يضاف عادة فيتامين ك الى علائق النمو ودجاج التربية باعتبارها النموذج الاصطناعى لشكل الفيتامين القابل للذوبان فى الماء ٠

الفيتامينات الذائبة فى الماء (ب) : Water- soluble (B) vitamins

ثمانية فيتامينات مهمة فى تغذية الدواجن ، عموماً يشاركون فى التفاعلات الكيماوية الحيوية كعوامل مساعدة للأنزيم الذى يؤثر فى الغالب لنقل الطاقة ٠

يلعب البيوتين Biotin دوراً فى تركيب الدهون وتمثيل الجلوكوز وعلائق الدواجن فى مناطق استخدام القمح كمصدر رئيسى للحبوب النجيلية (كندا الغربية ، استراليا والدول الاسكندنافية) تحتاج عادة اضافات مع هذا الفيتامين ، المصادر الجيدة لهذا الفيتامين تشمل كسب فول السودانى ، كسب القرطم ، الخمائر ، مسحوق البرسيم ، مسحوق الكانولا ، مسحوق السمك وكسب فول الصويا ٠ نقص البيوتين فى عليقة الكتاكيت الصغيرة ينتج عنه الآفات الجلدية مشابهة لتلك الملاحظة فى نقص حامض البنتوثينيك Pentothenic acid ، يصبح القدمين خشنة ومتصلبة وفى وقت لاحق فتح الـ Crack وتصبح النزف ، الآفات فى نهاية المكان تظهر فى زوايا الفم والاجفان تصبح حبيبيه ، لوحظ نقص البيوتين ايضاً فى الرومى ، وتتطلب اضافات ، الدجاج او الكتاكيت المغذاه على البيض الخام (النيئ) يتطور نقص البيوتين لأن البيوتين يكون غير نشط بواسطة افيدين avidin ، احد بروتينات زلال البيض ٠ طهى البيض لا يحدث هذا التأثير يشارك البيوتين ايضاً فى الوقاية من تشوة العظام وضرورى لنسبة الفقس الجيدة للبيض ٠ الكمية المطلوبة للصحة الجيدة وانتاج البيض فى الدجاجات الناضجة منخفضة جداً ٠

الكولين : Choline

ليس فيتامين بالمعنى الدقيق للكلمة ، ولكنها شملت بصفة عامة المجموعة القابلة للذوبان فى الماء • وهو مكون للخلايا الهيكلية ويشارك فى نبضات الاعصاب جنباً الى جنب مع الميثايونين وهو بمثابة مصدر هام من مصادر مجموعات الميثيل، التى تعتبر ضرورية فى عملية التمثيل الغذائى •
تخلق الدواجن هذا الفيتامين لكن العملية غالباً ما تكون غير فعالة فى صغار الكتاكيت ، مما يجعل الاضافات ينصح بها لدجاج التسمين والرومى • الطيور المسنة قادرة على تخليق الكولين بكمية كافية ، المصادر الغذائية الجيدة تشمل زوائب الاسماك fish soluble مسحوق السمك ، كسب فول الصويا والمقطرات distillers والذوائب soluble جنباً الى جنب مع المنجنيز ، حامض الفوليك ، حامض النيكوتينيك ، البيوتين والكولين هو ضرورى لمنع تشوة العظام (انزلاق الوتر slipped tendon) فى صغار الكتاكيت والكتاكيت • نقص الكولين ايضاً ينتج عنه تأخر فى النمو وانخفاض الاستفادة من الغذاء •
كوبالامين (فيتامين ب١٢) يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع حمض الفوليك فى تمثيله الغذائى • جميع النباتات والفواكة والخضروات والحبوب خالية من هذا الفيتامين • تنتج الكائنات الحية الدقيقة كل الكوبالامين الموجودة فى الطبيعة ، اى جروح فى مواد النبات ينتج عنه تلوث ميكروبى ، لذلك فان علائق الدواجن التى لاتحتوى على منتجات حيوانية تحتاج الى اضافات وبالتالى لا توجد منتجات حيوانية تتطلب اضافات • كفاية فيتامين ب١٢ يكون اكثر اهمية للدجاج النامى والكتاكيت ودجاج التربية• علامات النقص تشمل بطء النمو ، تشوة العظام فى القطعان صغيرة العمر • انخفاض كفاءة الاستفادة من الاعلاف ، ارتفاع نسبة الوفيات وانخفاض نسبة فقس البيض •
الفولاسين (حمض الفوليك) مطلوب فى عملية التمثيل الغذائى والتخليق الحيوى للبيورين والبيريميدين Purines ans pyrimidnes • يكون فيتامين مستقر جداً ولكن لا تحدث طبيعياً فى مواد العلف • بدلاً من ذلك فانة يحدث انخفاض فى اشكال polygutamates التى تكون جاهزة للأكسدة •
هذه الاشكال تتحول الى حامض فوليك فى الجسم ، العلائق الشائعة تحتوى على كمية كافية من الفولاسين ولكن هذه ليست مضمونة • وعلى ذلك الفولاسين يكون عادة موجود فى اضافات الفيتامينات التى تضاف الى علائق الدواجن لضمان كفايته هناك نقص فى الدجاج الصغير او الكتاكيت ينتج عنه تأخر فى النمو ، ضعف التربيش وضعف وتشوه العظام • ريش ملون قد يكون ناقص فى الصبغة وتوجد أيضاً اعراض الانيميا ، اعراض اضافية توجد عند النقص فى الرومى هى الشلل•
النياسين (حمض النيكوتينيك) يكون مكون من اثنين من الانزيمات المساعدة (NAD and NADP) ، والهام فى عملية التمثيل الغذائى ، غالباً ما يكون ناقص فى العلائق لأن اعلاف الحبوب (خاصة الاذرة) تحتوى على النياسين فى صورة غير متاحة فى معظمها للدواجن ، تكون البقوليات مصادر جيدة ، وايضاً الخميرة ، ونخالة القمح ونواتج وسطية ، مخلفات عملية التخمير وبعض الحشائش •
يمكن تخليق هذا الفيتامين بواسطة الطيور من الحامض الامينى التربتوفان ، ولكن كفاءة التحويل منخفضة • نقص الفيتامين فى الدجاج الصغير والكتاكيت ينتج عنه اساساً ضعف النمو ، تضخم مفصل العرقوب وتشوه العظام • والرومى معرض بوجة خاص لاضطرابات العرقوب • علامات اخرى من النقص هى التهابات ولون غامق للسان وتجويف الفم ، فقدان الشهية وضعف التربيش • تصبح الكتاكيت المصابة عصبية وسريعة الانفعال • مع انخفاض فى استهلاك العلف ، وتراجع النمو كثيراً ، الشكل المخلق من حامض النيكوتينيك يستخدم عموماً فى الاضافات العلفية •

حامض البانتوثينيك : Pantothenic acid

حامض البانتوثينيك مكون من المرافق الانزيمى A (COA) تكون غالباً العلائق بها نقص فى هذا الفيتامين حيث ان الحبوب والبروتينات النباتية هى مصادر فقيرة فى هذا الفيتامين • المصادر الجيدة تشمل خميرة الـ brewer ، البرسيم ومخلفات عمليات التخمر •
الدجاج الصغير والكتاكيت المغذاه على عليقة بها نقص فى حامض البانتوثينيك تظهر اعراض نمو بطئ ، وخشونة الريش ، تظهر آفات الجرب فى زوايا الفم ، على حواف الجفن وحول فتحة المخرج ، فى الحالات الحادة تحدث ايضاً على القدمين • النقص فى قطعان التربية ينتج عنه انخفاض الفقس والكتاكيت المفرخة كثيراً ما تظهر ارتفاع معدل النفوق المبكر • بنتوثينات الكالسيوم calcium pantothenate شائعة الاستخدام فى الاضافات الغذائية •

البيريدوكسين : Pyridoxine

يكون البيريدوكسين مكون لأنظمة عدة للانزيمات تشارك فى التمثيل الغذائى للنتروجين ، عموماً العلائق التى بها كميات مناسبة فى شكل حر اوجنباً الى جنب مع الفوسفات • بعض مواد العلف مثل بذور الكتان وبعض اصناف من الفول قد تحتوى على مضادات البيريدوكسين ، البيريدوكسين يكون واحد من الفيتامينات التى تعانى اثناء عملية تصنيع الاعلاف ، ٧٠-٩٠% من المحتوى فى القمح يفقد اثناء طحن القمح (Nesheim, 1974) •
النقص الحاد ينتج حركات تشنجية ، بلا هدف حول الحركة ، تليها تشنجات واستنفاذ والموت • فى الطيور الناضجة يوجد فقدان الشهية تليها فقدان الوزن والموت ، انخفاض انتاج البيض وانخفاض نسبة الفقس يمكن ملاحظاتها •

الريبوفلافين : Riboflavin

الريبوفلافين قابل للذوبان فى الماء ، وهو واحد من اكثرها عجزاً فى علائق الدواجن ، حيث ان الحبوب والبروتينات النباتية مصادر فقيرة فى الريبوفلافين ٠ لذلك جميع علائق الدواجن بحاجة الى ان تستكمل من هذا الفيتامين ، تم استخدام منتجات الالبان فى علائق الدواجن التقليدية كمصدر جيد للريبوفلافين ٠ المصادر الجيدة الآخرى هى الاعلاف الخضراء ومنتجات عملية التخمير ، مطلوب الريبوفلافين كما هو مكون من اثنين من الانزيمات المساعدة الهامة (FAD and FMN) وعند استقبال الدجاج والرومى علائق ناقصة من هذا الفيتامين نمو ضعيف وتطور غالباً ما يسمى عرج الاصابع وشلل دجاج التربية يحتاج الى اضافات من الريبوفلاقين فى العليقة ، والا سوف لا يفقس بيضها بشكل صحيح ٠ العلائق تكون عادة مدعمة او مضاف اليها مصدر اصطناعى من هذا الفيتامين ٠

الثيامين : Thiamin

الثيامين مهم كعنصر من العناصر المكونة للمرافق الانزيمى بيروفوسفات الثيامين thiamin pyrophosphate (TPP) (CoCarboxylase). المصادر الجيدة تكون البرسيم الحبوب والخميرة ، كثيراً ما واجه نقص اقل من اوجة القصور من الفيتامينات الاخرى ، حيث ان الثيامين يوجد بكثرة فى الحبوب الكاملة التى تشكل جزء رئيس فى علائق الدواجن٠ العليقة التى بها نقص فى الثيامين ينتج عنها اضطرابات عصبية فى كل من الطيور الصغيرة والمسنة ، وفى نهاية المطاف شلل الاطراف العصبية التهاب الاعصاب ٠

حمض الاسكوربيك (فيتامين ج) : Ascorbaic acid

حمض الاسكوربيك (فيتامين ج) يكون فيتامين قابل للذوبان فى الماء ولكنه ليس جزء من مجموعة ب بل يحتاج اليه فى التمثيل الغذائى لكل الانواع ولكن يكون احتياج غذائى فقط لتلك التى تفتقر الى الانزيم المطلوب تخليقة (قرود ، خنازير ، غينيا ، طيور معينة ، الاسماك) لذلك لا يكون مطلوب فى علائق الدواجن ، فانه يتضمن فى التكوين وصاينه الانسجة بين الخلايا التى لديها الكولاجين (collagen) او المواد التى ذات صلة كمواد قاعدية ٠ استجابة لعلامات نقص الفيتامين Response to signs of vitamin deficiency ٠

تكون علامات نقص الفيتامين محدود الا نادراً ٠ هكذا اذا نقص أ ، د او هـ يكون مشابهه ، فمن المستحسن التحقيق مع متخصص التغذية او الطبيب البيطرى ادارة جميع الثلاثة المكملة للعلف او ماء الشرب (باستخدام نموذج المياه غير القابلة للإمتزاج) ٠

اذا اشتبه فى نقص فيتامين ب ، فمن المستحسن التحقق مع خبير التغذية او الطبيب البيطرى وادارة مجموعة فيتامين ب المركب من خلال استكمال العلف او بفضل فى مياة الشرب ، حيث ان هذه الفيتامينات تكون قابلة للذوبان والدواجن لا تأكل جيداً عندما يوجد عجز فى فيتامينات ب ٠ المعايير العضوية السائدة قد تسمح بحقن الفيتامينات لتصحيح النقص، ولكن هذا يجب ان يحقق من خلال الوكالة الموثقة ٠

الماء : Water

يكون الماء ايضاً مركب غذائى مطلوب ، يكون الاحتياجات حوالى ٢–٣ مرة من وزن المأكول ٠ أهمية الاخذ فى الاعتبار مع الدواجن لضمان انه يوجد امداد كافى متجدد وغير ملوث من المياة المتوفرة فى جميع الافات ٠

يجب ان يكون الماء متاح دائماً adlibitum فى مساقى مصممة للدواجن نوعية المياه تكون هائمة ، وتستند المبادئ التوجيهية بشأن المواد الصلبة الذائبة (المواد الصلبة الذائبة) تصل الى ٥٠٠٠ ملليجرام / كجم والرقم الهيدروجين (pH) بين ٦ و ٨ عموماً يكون مقبول ٠ الطيور هى ايضاً حساسة جداً لدرجة حرارة مياه الشرب ، مفضلة الماء البارد على المياه التى هى فوق درجة الحرارة المحيطة هذا يمكن ان يؤثر على تناول العلف ٠

تحليل الاعلاف : Feed analysis

يمكن تحليل مواد العلف والعلف كيميائياً لتوفير المعلومات على محتويات العناصر التى نوقشت اعلاه ٠ عموماً هذا لايوفر معلومات على كمية المركب الغذائى للاتاحة او التوفير البيولوجى للحيوان ٠

يكون التحليل الذاتى (التقربى) هو نظام تحليل وضع اصلاً فى عام ١٨٦٥ بواسطة محطة تجارب Henneberg and Stohmann of Weende فى المانيا لتحليل المكونات الرئيسية ٠ غالباً ُ تشير فى كثير فى الاحيان على انها قد تم تنقيح نظام weende وعلى مر الزمن ، ويتألف النظام من تقديرات الماء (الرطوبة) ، الرماد ، الدهن الخام (مستخلص الاثير)، البروتين الخام والالياف الخام ، انها محاولات لفصل الكربوهيدرات الى قسمين تصنيفات رئيسية هى : CF الالياف الخام (الكربوهيدرات غير المهضومة) و N-Free extract (NFE, or digestibile carbohydrates والمستخلص الخالى من النتروجين (الكربوهيدرات المهضومة) ويقاس المستخلص الخالى من النتروجين NFE بواسطة الفرق بدلاً من التحليل المباشر ٠

المعلومات المكتسبة تكون على النحو التالى :

١–الرطوبة (المياه) Moisture (water) يعتبر هذا يمكن ان يكون بمثابة المكون الذى يخفف محتوى المركبات الغذائية ويوفر قياسة معلومات اكثر دقة على محتويات المركبات الغذائية ٠

٢–المادة الجافة (dry matter) هذه تكون كمية المادة الجافة الموجودة بعد خصم محتوى الرطوبة (الماء) ٠

٣–الرماد (Ash) هذا يوفر معلومات عن المحتوى المعدنى ٠ مزيد من التحليلات يمكن ان توفر معلومات دقيقة عن وجود معادن معينة ٠

٤–المواد العضوية (Organic matter) هذا هو مقدار الكربوهيدرات والمواد البروتينية الموجودة بعد خصم الرماد من المادة الجافة ٠

٥–البروتين الخام (Crude protein) تحديد هذا المحتوى كما هو ن × ٦.٢٥ وهو مقياس البروتين الحالى ، استناداً الى افتراض ان متوسط محتوى النتروجين يكون ١٦ جرام من / ١٠٠ جرام من البروتين ٠ بعض النتروجين فى معظم الاعلاف يوجد كبروتينات غير نتروجينية (non-protein N (NPN)) لذلك فان القيمة المحسوبة يضرب ن × ٦.٢٥ تشير على انها خام (Crude) بدلاً من بروتين حقيقى (treue protein) يتكون البروتين الحقيقى من الاحماض الامينية (AAs) التى يمكن قياسها باستخدام تقنيات متخصصة ٠

٦–مواد غير آزوتية Non-nitrogenous material ٠

الالياف : Fiber

يتم الحصول عليها كألياف خام ٠ جزء من هذا الكسر قابل للهضم ولهذا طرق اكثر دقة لتحليل الالياف طورت لاحقاً بواسطة Van Soest and associates ٠ أحد الطرق تفصل الاعلاف الى جزئين (أ) محتويات الخلية النباتية ، هذا الجزء قابل للهضم بدرجة كبيرة ويتكون من السكريات ، النشويات والبروتين ، البكتين القابل للذوبان والدهون ٠ و(ب) مكونات الجدار الخلوى وهو جزء متغير فى معامل الهضم ويتألف من البروتين غير المهضوم ، هيميسيليولوز chemicellulose السيليولوز cellulose ، لجنين lignin ومقيد النتروجين (bound N) تشمل الطريقة على غليان العينة فى محلول منظف محايد ٠ الجزء القابل للذوبان يسمى جزء قابل للذوبان محايد (NDS, cell contents) ومتبقى ليفى يسمى محايد الالياف المنظفات (NDF, cell Wall Constituents) ٠ لا يشبه الالياف الخام CF و NFE ، كل من NDS و NDF يتنبأ بدقة النسب الاكثر والاقل للأجزاء القابلة للهضم على التوالى ، وجد ان مدى واسع من مواد العلف ٠

الطريقة الثانية تكون هى تحليل الالياف بالمنظفات الحمضية acid detergent fiber (ADF) التى يقسم الـ NDF الى جزء قابل للذوبان فى المقام الأول والذى يحتوى على هيمسيليولوز وبعض البروتينات غير قابلة للذوبان والجزء غير قابل للذوبان يتكون من سيليولوز cellulose ، اللجنين lignin ومرتبط (معقد) النتروجين اظهر اللجنين انه عاملاً رئيسها فى التأثير على معامل هضم الاعلاف الخضراء جداول تكوين مواد العلف على نحو متزايد لقيم نصيب (حصة) NDF و ADF بدلاً من قيم الالياف الخام (CF) حيث ان هذه المعلومات تشير بواسطة بعض خبراء تغذية الحيوان ، ومن المهم ان نلاحظ ، مع ذلك ان الالياف الخام (CF) تكون ولاتزال مكونات ليقية تستخدم بواسطة (NRC, 1994) وهو مكون مطلوب من قبل السلطات المنظمة للأعلاف للتأسيس على التاج (tag) (وهى الورقة على الجوال المكتوب عليها المحتوى من المركبات الغذائية) التى تم شراؤها على الاقل فى امريكا الشمالية ٠

المستخلص الخالى من النتروجين : Nitrogen-free extract

ويشمل هذا على الكربوهيدرات القابلة للهضم اى النشا والسكريات ٠

الدهن : Fat

يقاس هذا كما هو فى الدهن الخام (احياناً يسمى زيوت او مستخلص الاثير حيث يستخدم الاثير فى عملية الاستخلاص)٠ وتحاليل تفصيلية اكثر يمكن عملها لقياس الاحماض الدهنية الغروية ٠

لاتقاس الفيتامينات مباشرة فى نظام (weende) ولكن يمكن قياس الفيتامينات فى المستخلص الناتج من عملية اذابة الفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهون او القابلة للذوبان فى الماء بالطرق المناسبة ٠

فى نهاية المطاف ، طرق سريعة استناداً الى تقنيات مثل القريبة من الاشعة تحت الحمراء Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) من المتوقع ان تحل محل الطرق الكيماوية لتحليل الاعلاف روتينياً ، ومن المتوقع ان التوافر البيولوجى ان يستمر القياس فى دراسات حيوانية ٠

منشورات على الاحتياجات الغذائية : Publications on Nutrient Requirements

الاحتياجات الغذائية فى امريكا الشمالية مؤسسة على توصيات المركز القومى للبحوث اكاديمية العلوم القومية ، واشنطن ، العاصمة ٠

وتشمل التوصيات الخنازير ، الدواجن ، ماشية الألبان ، الخيول ، حيوانات المعمل ، ٠٠ وغيرها ويتم نشرها على شكل سلسلة من الكتب وكل الانواع يتم تحديثها كل عشرة سنوات ، الاحتياجات الغذائية الحالية للدواجن تكون عام ١٩٩٤ طبعة منقحة لجنة مختصة من الخبراء تجتمع لنشر نتائج البحوث لاشتقاق تقديرات الشرط ٠ هذه هى من ثم كما نشرت التوصيات وتستخدم هذه المعلومات على نطاق واسع من قبل صناعة الاعلاف فى امريكا الشمالية ومناطق اخرى عديدة ٠

لا توجد توصيات مماثلة موجودة فى بلدان اخرى ٠ اعدت معايير (مقاييس) الاحتياجات الغذائية من قبل المملكة المتحدة فى الماضى من قبل لجان قومية (على سبيل المثال مركز البحوث الزراعية ARC, 1975) ٠ وحتى الآن لم يتم التحديث نشرت المقاييس الغذائية الاسترالية عام ١٩٨٧ (SCA, 1987 – هيئة السلع التموينية ١٩٨٧) ولكنها لم تنقح بعد ، فى الاونة الاخيرة تم نشر فرنسى على الاحتياجات هو المعهد الوطنى للبحوث الزراعية (INRA) تم نشرها عام ١٩٨٤ ، الذى يغطى الخنازير ، الدواجن والارانب ٠ واحدة من القيود المفروضة على نشر الاحتياجات تكون هذه الاحتياجات قابلة للتطبيق والاستخدام بصورة عامة ، فعلى سبيل المثال ، المسألة الرئيسية هى التأثير على الاحتياجات الغذائية للطاقة ، الاحماض الامينية فى الطيور النامية وهى قدرة التركيب الوراثى (genotype) فى مسألة الترسيب فى الانسجة العجاف كما فى طيور النمو حتى مرحلة النضج او القدرة على التكاثر ٠ الاستجابات للتركيزات الغذائية العالية من الاحماض الامينية سوف تكون ايجابية فقط فى الطيور التى لديها امكانية جنينية لترسيب (لايداع) فى الانسجة العجاف بدلاً من الدهون او لانتاج عدد كبير من البيض ، ونتيجة لذلك ، فمن الصعب تحديد المقاييس الغذائية للأحماض الامينية التى يمكن تطبيقها بشكل عام على جميع الطرز ٠ لهذا السبب فان مصانع الاعلاف لطيور التسمين التقليدية ودجاج وضع البيض فى اوروبا ، اسيا ، استراليا وامريكا الشمالية عادة ما تستخدم نماذج الاحتياجات الغذائية استناداً الى بيانات الاحتياجات ولكن مصممة لسلالات معينة من التراكيب الوراثية genotypes للدواجن ٠ هذه النماذج (الموديلات) تتطلب معلومات دقيقة عن بيانات الداخل والخارج وخارج نطاق متوسط المنتج العضوى ، لا يوجد حالياً اى مجموعة من المقاييس الغذائية التى صممت خصيصاً للدواجن العضوية ٠ وستكون هذه المقاييس مستمدة من المقاييس القائمة على الدواجن التجارية ٠

واحدة من الانتقادات للمنشورات الصادرة عن المركز القومى للبحوث NRC هو ان بعض البيانات قديمة وليس لها بيانات لأن البحث فى المسألة اجرى على بعض منها منذ فترة ماضية ، ايضاً ، ان الفترة الزمنية الفاصلة فى الاشتقاق من نتائج البحوث الجديدة ، لاستعراض الاقران ونشرها فى المجلات العلمية وتأسيسها فى توصيات المركز القومى للبحوث NRC يجعل المعلومات اقل فى التطبيق للتراكيب المتفوقة وراثياً ، ومع ذلك فان هذا الانتقاد هو اقل اهمية لمنتجى العضوية ٠ استخدم منتجى المنتجات العضوية العديد من السلالات والانواع التقليدية للدواجن التى لم تخضع للضغوط المفروضة على اختيار التراكيب الوراثية الرائدة المستخدمة فى الانتاج التقليدى ٠ وبالتالى ، فانها ينبغى ان توجد فى منشورات المركز القومى للبحوث NRC دليلاً مفيداً للاحتياجات الغذائية ، وعلاوة على ذلك ، قيل ان تقديرات الاحتياجات الغذائية المختلفة المتاحة ، وتقديرات مركز البحوث الزراعية ١٩٧٥ (ARC, 1975) هى الاكثر انطباقاً على الانتاج العضوى بسبب التراكيب الوراثية المستخدمة فى اشتقاق بيانات لهم ، ولكن غير مكتملة ، ومن غير المؤكد ما اذا كان جداول الاحتياجات الغذائية مثل تلك التى ينتجها المركز القومى للبحوث (NRC) ومركز البحوث الزراعية (ARC) قابلة للتطبيق فى البلدان النامية ، على سبيل المثال ، قال (Presten and Leng, 1987) انه فى البلدان النامية يجب ان يكون الهدف هو تحقيق الاستخدام الامثل للموارد المتاحة وتقليل استخدام المكونات المستوردة ، فى ظل هذه الظروف من الصعب جداً تطبيق الاحتياجات الغذائية الصادرة عن المركز القومى للبحوث NRC ومركز البحوث الزراعية ARC اقتصادياً والانتاج الامثل يكون نتيجة لذلك اقل من الحد الاقصى ٠

يأخذ هذا المنشور منظور الاحتياجات الغذائية للمركز القومى للبحوث NRC وهى من الاولية لمصلحة منتجى الدواجن العضوية فى جميع انحاء العالم ٠بناءاً على ذلك اقترح تعيين الاحتياجات الغذائية (من جداول المركز القومى للبحوث)٠

جدول رقم (٨١): المركز القومى للبحوث (NRC, 1994) الإحتياجات الغذائية المقدرة لدجاج اللجهورن النامى الكمية /الكيلو جرام عليقة (على اساس نسبة الرطوبة ٩٠%)

المرحلة	دجاج البيض الأبيض				دجاج البيض البنى			
	٠–٦ اسبوع	٦–١٢ اسبوع	١٢–١٨ اسبوع	١٨ اسبوع اول بيضة	٠–٦ اسبوع	٦–١٢ اسبوع	١٢–١٨ اسبوع	١٨ اسبوع اول بيضة
وزن الجسم النهائى (جرام)	٤٥٠	٩٨٠	١٣٧٥	١٤٧٥	٥٠٠	١١٠٠	١٥٠٠	١٦٠٠
الطاقة الممثلة الظاهرية (كيلو كالورى)	٢٨٥٠	٢٨٥٠	٢٩٠٠	٢٩٠٠	٢٨٠٠	٢٨٠٠	٢٨٥٠	٢٨٥٠

بروتين خام (جرام)	١٨٠	١٦٠	١٥٠	١٧٠	١٧٠	١٥٠	١٤٠	١٦٠
أحماض امينية (جرام)								
أرجينين	١٠	٨.٣	٦.٧	٧.٥	٩.٤	٧.٨	٦.٢	٧.٢
سيستين + سيرين	٧	٥.٨	٤.٧	٥.٣	٦.٦	٥.٤	٤.٤	٥
هستدين	٢.٦	٢.٢	١.٧	٢	٢.٥	٢.١	١.٦	١.٨
ايزوليوسين	٦	٥	٤	٤.٥	٥.٧	٤.٧	٣.٧	٤.٢
ليوسين	١١	٨.٥	٧	٨	١٠	٨	٦.٥	٧.٥
ليسين	٨.٥	٦	٤.٥	٥.٢	٨	٥.٦	٤.٢	٤.٩
ميثايونين	٣	٢.٥	٢	٢.٢	٢.٨	٢.٣	١.٩	٢.١
ميثايونين + سيستين	٦.٢	٥.٢	٤.٢	٤.٧	٥.٩	٤.٩	٣.٩	٤.٤
فينايل الانين	٥.٤	٤.٥	٣.٦	٤	٥.١	٤.٢	٣.٤	٣.٨
فينايل الانين + تيروزين	١٠	٨.٣	٦.٧	٧.٥	٩.٤	٧.٨	٦.٣	٧.٠
ثريونين	٦.٨	٥.٧	٣.٧	٤.٧	٦.٤	٥.٣	٣.٥	٤.٤
تريتوفان	١.٧	١.٤	١.١	١.٢	١.٦	١.٣	١.٠	١.١
فالين	٦.٢	٥.٢	٤.١	٤.٦	٥.٩	٤.٩	٣.٨	٤.٣
أملاح معدنية (جم/ كيلوجرام)								
كالسيوم	٩	٨	٨	٢٠	٩	٨	٨	١٨
فوسفور (غير الفيتات)	٤	٣.٥	٣	٣.٢	٤	٣.٥	٣	٣.٥
كلورين	١.٥	١.٢	١.٢	١.٥	١.٢	١.١	١.١	١.١
ماغنسيوم	٠.٠٦	٠.٠٥	٠.٠٤	٠.٠٤	٠.٠٥٧	٠.٠٤٧	٠.٠٣٧	٠.٠٣٧
بوتاسيوم	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥	٢.٥
صوديوم	١.٥	١.٥	١.٥	١.٥	١.٥	١.٥	١.٥	١.٥
الأملاح المعدنية النادرة (ملليجرام)								
نحاس	٥	٤	٤	٤	٥	٤	٤	٤
يود	٠.٠٣٥	٠.٠٣٥	٠.٠٣٥	٠.٠٣٥	٠.٠٣٣	٠.٠٣٣	٠.٠٣٣	٠.٠٣٣
حديد	٨٠	٦٠	٦٠	٦٠	٧٥	٥٦	٥٦	٥٦
منجنيز	٦٠	٣٠	٣٠	٣٠	٥٦	٢٨	٢٨	٢٨
سيلينيوم	٠.١٥	٠.١	٠.١	٠.١	٠.١٤	٠.١	٠.١	٠.١
زنك	٤٠	٣٥	٣٥	٣٥	٣٨	٣٣	٣٣	٣٣
فيتامينات (وحدة دولية)								
فيتامين أ	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠	١٤٢٠	١٤٢٠	١٤٢٠	١٤٢٠
فيتامين د٣	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٣٠٠	١٩٠	١٩٠	١٩٠	٢٨٠
فيتامين هـ	١٠	٥	٥	٥	٩.٥	٤.٧	٤.٧	٤.٧
فيتامينات (ملليجرام)								
بيوتين	٠.١٥	٠.١	٠.١	٠.١	٠.١٤	٠.٠٩	٠.٠٩	٠.٠٩
كولين	١٣٠٠	٩٠٠	٥٠٠	٥٠٠	١٢٢٥	٨٥٠	٤٧٠	٤٧٠
فولاسين	٠.٠٥٥	٠.٠٢٥	٠.٠٢٥	٠.٠٢٥	٠.٠٥٢	٠.٠٢٣	٠.٠٢٣	٠.٠٢٣
نياسين	٢٧	١١	١١	١١	٢٦	١٠.٣	١٠.٣	١٠.٣
حامض البنتاثوينك	١٠	١٠	١٠	١٠	٩.٤	٩.٤	٩.٤	٩.٤
بيرويدوكسين	٣	٣	٣	٣	٢.٨	٢.٨	٢.٨	٢.٨
ريبوفلافين	٣.٦	١.٨	١.٨	٢.٢	٣.٤	١.٧	١.٧	١.٧
ثيامين	١	١	٠.٨	٠.٨	١	١	٠.٨	٠.٨
فيتامين ك	٠.٥	٠.٥	٠.٥	٠.٥	٠.٤٧	٠.٤٧	٠.٤٧	٠.٤٧
فيتامينات (ميكروجرام)								
كوبلامين (فيتامين ب١٢)	٩	٣	٣	٤	٩	٣	٣	٣
حامض لينوليك	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠

مؤسس على عليقة أذرة / صويا. بعض القيم اعلاة فى الجدول مقدرة (معينة) كونها مؤقتة (غير نهائية – تجريبية)

كاساس لوضع مقاييس (معايير) غذائية معمول بها لمتوسط قطعان الدواجن العضوية ، الطيور المنتجة (المسحوبة) من الانواع والسلالات التقليدية. من ناحية اخرى استخدم المنتجون العضويون الهجن الحديثة التى قد يجدو قيم احتياجاتهم الغذائية الموصى بها من قبل الشركة خاصة التركيب الوراثى حتى تكون اكثر فائدة لقيم المركز القومى للبحوث NRC.

جدول رقم (٨٢): الاحتياجات الغذائية المقدرة للدجاجات البياضة من النوع اللجهورن ، الكميات / كيلو جرام عليقة (على اساس نسبة الرطوبة ٩٠%) والكمية فى اليوم

المرحلة	كميات/ كجم عند الاستهلاكات المختلفة فى العليقة :دجاج البيض الأبيض			الكمية فى اليوم		
				سلالات التربية ذات البيض الابيض	دجاج البيض الأبيض	دجداج البيض البنى
المقدم من الغذاء (جم / يوم)	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٠٠	١٠٠	١١٠

بروتين خام (جم)	١٨٨	١٥٠	١٢٥	١٥	١٥	١٦.٥
أحماض امينية (جرام)						
أرجينين	٨.٨	٧	٥.٨	٠.٧	٠.٧	٠.٧٧
هستدين	٢.١	١.٧	١.٤	٠.١٧	٠.١٧	٠.١٩
ايزوليوسين	٨.١	٦.٥	٥.٤	٠.٦٥	٠.٦٥	٠.٧٢
ليوسين	١٠.٣	٨.٢	٦.٨	٠.٨٢	٠.٨٢	٠.٩
ليسين	٨.٦	٦.٩	٥.٨	٠.٦٩	٠.٦٩	٠.٧٦
ميثايونين	٣.٨	٣.٠	٢.٥	٠.٣	٠.٣	٠.٣٣
ميثايونين + سيستين	٧.٣	٥.٨	٤.٨	٠.٥٨	٠.٥٨	٠.٦٥
فينايل الانين	٥.٩	٤.٧	٣.٩	٠.٤٧	٠.٤٧	٠.٥٢
فينايل الانين + تيروزين	١٠.٤	٨.٣	٦.٩	٠.٨٣	٠.٨٣	٠.٩١
ثريونين	٥.٩	٤.٧	٣.٩	٠.٤٧	٠.٤٧	٠.٥٢
تريتوفان	٢	١.٦	١.٣	٠.١٦	٠.١٦	٠.١٨
فالين	٨.٨	٧	٥.٨	٠.٧	٠.٧	٠.٧٧
أملاح معدنية (جم)						
كالسيوم	٤٠.٦	٣٢.٥	٢٧.١	٣.٢٥	٣.٢٥	٣.٦
فوسفور (غير الفيتات)	٣.١	٢.٥	٢.١	٠.٢٥	٠.٢٥	٠.٢٨
كلورين	١.٦	١.٣	١.١	٠.١٣	٠.١٣	٠.١٥
ماغنسيوم	٠.٦٣	٠.٥	٠.٤٢	٠.٠٥	٠.٠٥	٠.٠٦
بوتاسيوم	١.٩	١.٥	١.٣	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٧
صوديوم	١.٩	١.٥	١.٣	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٧
الأملاح المعدنية النادرة (ملليجرام)						
نحاس	ND	ND	ND	ND	ND	ND
يود	٠.٠٤٤	٠.٠٣٥	٠.٠٢٩	٠.٠١	٠.٠٠٤	٠.٠٠٤
حديد	٥٦	٤٥	٣٨	٦	٤.٥	٥.٠
منجنيز	٢٥	٢٠	١٧	٢	٢.٠	٢.٢
سيلينيوم	٠.٠٨	٠.٠٦	٠.٠٥	٠.٠٠٦	٠.٠٠٦	٠.٠٠٦
زنك	٤٤	٣٥	٢٩	٤.٥	٣.٥	٣.٩
فيتامينات (وحدة دولية)						
فيتامين أ	٣٧٥٠	٣٠٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٣٠
فيتامين د٣	٣٧٥	٣٠٠	٢٥٠	٣٠	٣٠	٣٣
فيتامين هـ	٦	٥	٤	١	٠.٥	٠.٥٥
فيتامينات (ملليجرام)						
بيوتين	٠.١٣	٠.١	٠.٠٨	٠.٠١	٠.٠١	٠.٠١١
كولين	١٣١٠	١٠٥٠	٨٧٥	١٠٥	١٠٥	١١٥
فولاسين	٠.٣١	٠.٢٥	٠.٢١	٠.٠٣٥	٠.٠٢٥	٠.٠٢٨
نياسين	١٢.٥	١٠.٠	٨.٣	١	١	١.١
حامض البنتاثوينك	٢.٥	٢	١.٧	٠.٧	٢	٠.٢٢
بيرويدوكسين	٣.١	٢.٥	٢.١	٠.٤٥	٠.٢٥	٠.٢٨
ريبوفلافين	٣.١	٢.٥	٢.١	٠.٣٦	٠.٢٥	٠.٢٨
ثيامين	٠.٨٨	٠.٧	٠.٦	٠.٠٧	٠.٠٧	٠.٠٨
فيتامين ك	٠.٦	٠.٥	٠.٤	٠.١	٠.٠٥	٠.٠٦
فيتامينات (ميكروجرام)						
كوبلامين (فيتامين ب١٢)	٤	٤	٤	٨	٠.٤	٠.٤
حامض لينوليك	١٢.٥	١٠	٨.٣	١	١	١.١

على اساس عليقة الأذرة / الصويا بعض القيم يعينت (قدرت) ككونها مؤقتة (غير نهائية)

جدول رقم (٨٣): الاحتياجات من الطاقة الممثلة المطلوبة لكل دجاجة بيض لكل يوم وعلاقتها مع وزن الجسم ومعدل انتاج البيض (من المركز القومى للبحوث ١٩٩٢ – NRC 1994)

وزن الجسم (كجم)		نسبة انتاج البيض (%)					
		٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
١	طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	١٣٠	١٩٢	٢٠٥	٢١٧	٢٢٩	٢٤٢
١.٥	طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	١٧٧	٢٣٩	٢٥١	٢٦٤	٢٧٦	٢٨٩
٢	طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	٢١٨	٢٨٠	٢٩٢	٣٠٥	٣١٧	٣٣٠
٢.٥	طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	٢٥٩	٣٢١	٣٣٣	٣٤٦	٣٥٨	٣٧١
٣	طاقة ممثلة (كيلو كالورى)	٢٩٦	٣٥٨	٣٧٠	٣٨٣	٣٩٥	٤٠٨

جدول رقم (٨٤): الاحتياجات الغذائية المقدرة لدجاج التسمين ، الكميات / كيلو جرام عليقة تبعاً الى المركز القومى للبحوث ١٩٩٤ (NRC, 1994)

(٩٠٠ جم / كيلو جرام على اساس المادة الجافة)

	بادىء من ٠-٣ اسبوع	نامى من ٣-٤ اسبوع	ناهى
الطاقة الممثلة الظاهرية (كيلو كالورى)	٣٢٠٠	٣٢٠٠	٣٢٠٠
بروتين خام (جرام)	٢٣٠	٢٠٠	١٨٠
أحماض امينية (جرام)			
أرجينين	١٢.٥	١١	١٠
جلايسين + ثيرين	١٢.٥	١١.٤	٩.٧
هستدين	٣.٥	٣.٢	٢.٧
ايزوليوسين	٨	٧.٣	٦.٢
ليوسين	١٢	١٠.٩	٩.٣
ليسين	١١	١٠	٨.٥
ميثايونين	٥	٣.٨	٣.٢
ميثايونين + سيستين	٩	٧.٢	٦
فينايل الانين	٧.٢	٦.٥	٥.٦
فينايل الانين + تيروزين	١٣.٤	١٢.٢	١٠.٤
ثريونين	٨	٧.٤	٦.٨
تريتوفان	٢	١.٨	١.٦
فالين	٩	٨.٢	٧
أملاح معدنية (جم/ جرام)			
كالسيوم	١٠	٩	٨
فوسفور (غير الفيتات)	٤.٥	٣.٥	٣
كلورين	٢	١.٥	١.٢
ماغنسيوم	٠.٦	٠.٦	٠.٦
بوتاسيوم	٣	٣	٣
صوديوم	٢	١.٥	١.٢
الأملاح المعدنية النادرة (ملليجرام)			
نحاس	٨	٨	٨
يود	٠.٣٥	٠.٣٥	٠.٣٥
حديد	٨٠	٨٠	٨٠
منجنيز	٦٠	٦٠	٦٠
سيلينيوم	٠.١٥	٠.١٥	٠.١٥
زنك	٤٠	٤٠	٤٠
فيتامينات (وحدة دولية)			
فيتامين أ	١٥٠٠	١٥٠٠	١٥٠٠
فيتامين د٣	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠
فيتامين هـ	١٠	١٠	١٠
فيتامينات (ملليجرام)			
بيوتين	٠.٠١٥	٠.١٥	٠.١٢
كولين	١٣٠٠	١٠٠٠	٧٥٠
فولاسين	٠.٥٥	٠.٥٥	٠.٥
نياسين	٣٥	٣٠	٢٥
حامض البنتاثوينك	١٠	١٠	١٠
بيرويدوكسين	٣.٥	٣.٥	٣
ريبوفلافين	٣.٦	٣.٦	٣
ثيامين	١.٨	١.٨	١.٨
فيتامين ك	٠.٥	٠.٥	٠.٥
فيتامينات (ميكروجرام)			
كوبلامين (فيتامين ب١٢)	١٠	١٠	٧
حامض لينوليك	١٠	١٠	١٠

المستوى المستخدم من الطاقة الممثلة المماثل فى العلائق التقليدية ، قدرت بعض القيم تكونها مؤقتة (غير نهائية).

الطاقة الحيوية وعلاقتها بتفسير وشرح مصطلحات الطاقة
Biological Energy Interrelationships
And Glossary of Energy Terms

الكالورى : Calorie (Cal)

اصطلاح يستخدم فى مجال علوم التغذية ويعرف الكالورى الصغير Small calorie كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء من ١٤.٥°م الى ١٥.٥°م ومن خلال الحرارة الخاص بتغير درجات حرارة الماء فمن الممكن تعريف اكثر دقة للكالورى حيث يساوى ٤.١٨٦٠ جول دولى International joules ٠

ودائماً يكتب حرف c صغير لنفرقة عن حرف C كبير والذى يعرف بأنه يعادل ١٠٠٠ كالورى صغير ، ولذا فعادة لا تبدأ الجملة فى الكتابة بالكالورى لأن الجملة تبدا حرف كبير وهذا يؤدى الى عدم التعبير ويختلط المعنى بالكالورى الكبير ٠

كيلو كالورى : (Kilo calorie (Kcal

كيلو كالورى يعادل ١٠٠٠ كالورى صغير ويكتب بحرف C كبير ٠

ميجا كالورى : Megacalorie (Mcal)

ميجا كالورى تعادل ١٠٠٠ كيلو كالورى او ١٠٠٠٠٠٠ كالورى صغير ، وايضاً تعادل الثرم Therm ويكتب Megacalorie ٠

الطاقة الكلية : Gross energy

وهى عبارة عن كمية الحرارة المقاسة بالكالورى المنطلقة عند تمام اكسدة المادة فى مسعر التنفس Bomb calorimeter يحتوى على ٢٥ الى ٣٠ ضغط جوى من الاكسجين وتعريف آخر للطاقة الكلية هى حرارة الاحتراق (الحرق) Heat combustion ٠

حيز الجسم التمثيلى : Metabolic body size (W0.75)

عبارة عن وزن الجسم مرفوع للأس ٠.٧٥ او ¾

ويمكن حساب :

$$W^{0.75} = \sqrt{\sqrt{W \times W \times W}}$$

Explanation of terms under conventional seheme and true energy distribution scheme.

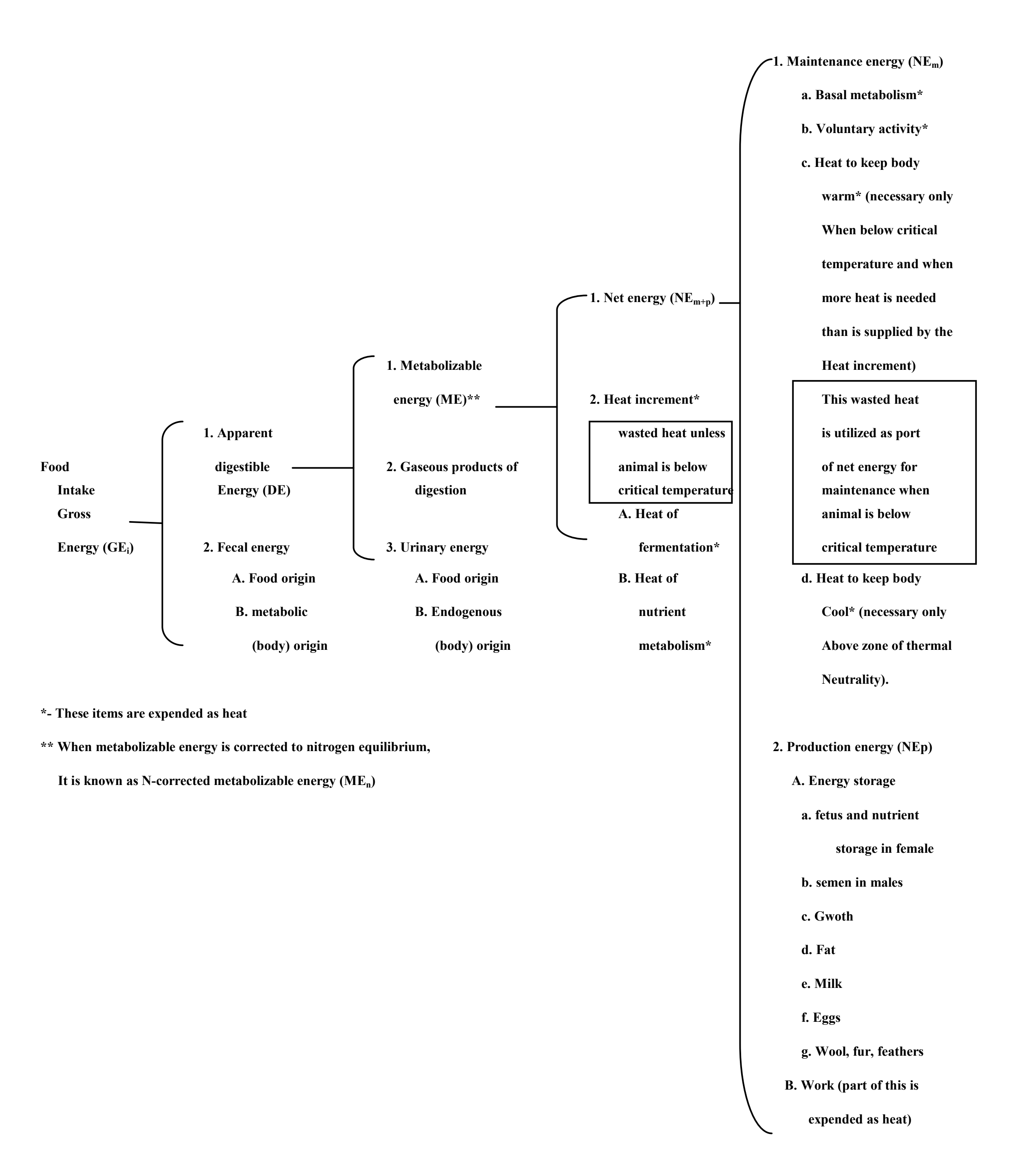
شرح المصطلحات خلال الظروف والبرامج المناسبة :

مسارات توزيع الطاقة الحقيقية :

تعبر مقاييس الطاقة المختلفة عادة على اساس الفترة الزمنية مثال ٢٤ ساعة ولكن من الممكن التعبير عن اى فترة زمنية باستخدام عوامل مناسبة ، وفى حالة تصميم جداول تركيب الاغذية والأعلاف فيعبر عن مقاييس الطاقة على اساس لكل وحدة عادة ، بمعنى وحدة الطاقة لكل وحدة وزنية (كيلو جرام ، جم ، رطل ، .... الخ).

ويفضل ذكر التركيب على اساس خالى من الرطوبة Moisture او كما هو مأكول As fed ويجب ذكر المادة الجافة على اساس As fed.

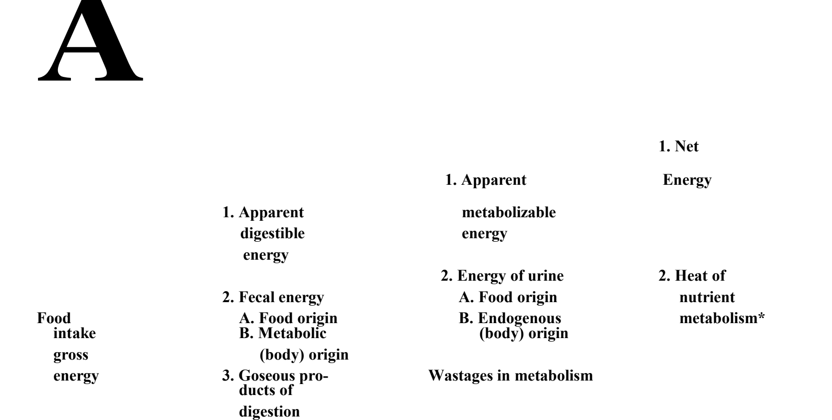
اذا عبرنا عن الاحتياجات على اساس moisture free basis فذلك يجعل الحسابات للعلائق ايسر وأسهل سواء الحسابات اليدوية او من خلال linear programming وبالنسبة للكفاءة Efficiency value يعبر عنها كنسبة مئوية من جزئية الطاقة مثال ذلك الطاقة المهضومة Digestible energy ، الطاقة القابلة للتمثيل Metabolizable energy او الطاقة الصافية Net energy. ويستخدم فى حالة الدواجن الطاقة القابلة للتمثيل او الطاقة القابلة للتمثيل المصححة نيتروجينياً N-corrected metabolizable energy.



شكل رقم (٤٥) استخدامات الطاقة (المسارات العادية الطبيعية)

The utilization of energy (conventional scheme)

يوضح الشكل توزيعات استخدام الطاقة لحساب الطاقة المهضومة والقابلة للتمثيل والصافية وفى هذا الشكل يعبر عن طاقة الزرق التمثيلى وطاقة البول التمثيل الداخلى كجزء من الفقد فى عملية الهضم والتمثيل.



شكل رقم (٤٦) استخدام الطاقة (المسارات الموضحة لمنشأ انواع الطاقة المختلفة)

شكل رقم (٤٧)

وفى الشكل السابق فى توزيعات الطاقة الحقيقية يعبر عن طاقتى الرزق التمثيلى والبول التمثيلى الداخلى جزء من احتياجات الطاقة الحافظة[*]

وهذا الشكل ينقسم لجزئين الجزء الأول A يوضح التوزيعات فى حالتى الهضم والتمثيل بينما الجزء الثانى B يوضح الطاقة المهضومة الحقيقية والقابلة للتمثيل الحقيقية والصافية الحقيقية.

(*) جزء من طاقة الزرق من مصدر تمثيلي وجزء من طاقة البول من مصدر تمثيل داخلى وبالتالى فان مسارات الطاقة فى شكل (١٠) تعدل لتصحيح شكل (١١) ، حيث طاقة التمثيل والتمثيل الداخلى جزء من احتياجات الطاقة الصافية لذا تعتبر هذه المدلولات او القيم من الطاقة جزء من احتياجات الطاقة الحافظة.

من هذه الحقيقة تكون الطاقة المهضومة والقابلة للتمثيل والقابلة للتمثيل المصححه نيتروجينياً والصافية والحافظة كلها ظاهرياً تحت ظروف المسارات العادية الطبيعية ٠
وقديماً لم يكن يستخدم لفظ ظاهرياً فى حالة استخدامات الطاقة مع استثناء ممكن بالنسبة للطاقة المهضومة حيث تحذف لتسهيل هذا الاصطلاح وتجعلها مثالية ومتفقة مع القيم السابقة فى الابحاث ، عند تصحيح الطاقة القابلة للتمثيل لاتزان النيتروجين فيجب استعمال لفظ او اصطلاح N- corrected metabolizble energy٠

Conventional Scheme المسار العادى الطبيعى

طاقة الغذاء المأكول الكلية : Food – Intake Gross Energy (GEi)

عبارة عن الطاقة الكلية للغذاء المأكول ٠
GEi = الطاقة الكلية للغذاء لكل وحدة وزن جاف × وزن الغذاء المأكول الجاف ٠

طاقة الزرق : Fecal energy (FE)

عبارة عن الطاقة الكلية للزرق المفرز ، وتشمل طاقة محتويات الغذاء غير المهضوم وايضاً طاقة الجسم التمثيلة فى الزرق ٠
FE = الوزن الجاف للزرق × طاقة الزرق الكلية لكل وحدة وزن جاف ٠

الطاقة المهضومة الظاهرية : Apparent Digestible Energy (DE)

عبارة عن الطاقة الكلية للغذاء المستهلك المأكول مطروحاً منه طاقة الزرق ٠ ومن الممكن ان يعبر عنها بمصطلحات اخرى مثل الطاقة الممتصة ظاهرياً او طاقة الغذاء المهضوم ظاهرياً Apparent absorbed energy or energy of apparently digested food ٠

DE= (طاقة الغذاء الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الغذاء المأكول الجاف)–(طاقة الزرق الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الزرق الجاف).

DE=معامل الهضم = [(طاقة الغذاء الكلية لكل وحدة وزن جاف ×وزن الغذاء الجاف) – (طاقة الزرق الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الزررق اللجاف)] / [طاقة الغذاء الكلية لكل وحدة وزن جاف × وزن الغذاء الجاف] ×١٠٠

نواتج الهضم الغازية : Gaseous Products of Digestion (GPD)

تشمل الغازات القابلة للاحتراق الناتجة من القناة الهضمية نتيجة تخمر العليقة ، وتقدر طاقة هذه الغازات بتقدير طاقة المحتويات الكلية ، ويمثل غاز الميثان المكون الاكبر من هذه الغازات القابلة للاحتراق المنتجة ، والحيوانات المجترة تنتج معظم الميثان وايضاً الحيوانات غير المجترة تنتج ميثان ولكن بكميات قليلة جداً وكذلك ينتج الهيدورجين والكربون مونو اكسيد ، الاسيتون ، الاثيان وهيدروجين سلفيد بكميات قليلة جداً ، لذا فإن الفقد فى الطاقة كغاز الميثان يمثل قيمة معنوية فقط فى حالة المجترات.

طاقة البول : Urinary Energy (UE)

عبارة عن طاقة البول الكلية ، وتشمل طاقة محتوى الجزء غير المستخدم من العناصر الغذائية الممتصة ، والطاقة الموجودة فى جزء التمثيل الداخلى للجسم فى البول.

الطاقة القابلة للتمثيل : Metabolizable Energy (ME)

هى الطاقة الكلية للغذاء المأكول (GEi) مطروحاً منه طاقة الزرق (FE) والنواتج الغازية (GPD) والبول (UE)٠

$$ME = GEi - FE - GPD - UE$$

ميزان النيتروجين (الأزوت) : Nitrogen Balance (NB)

هو نيتروجين الغذاء المأكول (NI) مطروحاً منه نيتروجين الزرق (FN) ونيتروجين البول (UN) . ومن الممكن ان يطلق عليه اصطلاح النيتروجين المحتجز Nitrogen retention.

$$NB = NI - FN - UN$$

وهذه المعادلة تستخدم فى حسابات ميزان الازوت وهذه القيم ضرورية لضبط الطاقة القابلة للتمثيل لحساب النيتروجين المحتجز فى الجسم او المفقود من انسجة الجسم ، وفى حالة الدقة المتناهية يوخذ فى الاعتبار النيتروجين المفقود خلال

العرق او افرازات البشرة ، وفى بعض الاحيان لابد من الاخذ فى الحسبان نيتروجين النواتج الحيوية مثل اللبن والبيض والصوف.

الطاقة القابلة للتمثيل المصححة نيتروجينياً : N-corrected Metabolizable Energy

وهى الطاقة الكلية للغذاء المأكول مطروحاً منه طاقة الزرق والنواتج الغازية للهضم والبول ويتم التصحيح بالنيتروجين المحتجز او المفقود من الجسم ، وفى حالة الطيور او الحيوانات وحيدة المعدة فإن نواتج الهضم الغازية غير ضرورية ولاتؤخذ فى الاعتبار.

وفى الثدييات يتم التصحيح باضافة ٧.٤٥ كيلو كالورى للطاقة القابلة للتمثيل لكل جرام من النيتروجين المفقود من الجسم (مساوى لميزان النيتروجين السالب) ، وايضاً يتم التصحيح بطرح ٧.٤٥ كيلو كالورى من الطاقة القابلة للتمثيل لكل جرام نيتروجين محتجز فى الجسم (مساوى لميزان النيتروجين الموجب) • وهذه القيم تم الحصول عليها من خلال تجارب على الكلاب وقد لاتطبق على باقى الحيوانات ، وفى حالة الحيوانات المنتجة لبعض النواتج مثل اللبن والبيض فلا يتم عمل تصحيح للنيتروجين على هذه النواتج ، وقد يطلق على اصطلاح الطاقة القابلة للتمثيل المصححة نيتروجينياً اصطلاح طاقة الهدم Katabolizable energy.

$$MEn = GEi - FE - GPD - UE \pm (NB \times 7.45 \text{ Kcal}).$$

بالنسبةللطيور يستخدم عامل التصحيح ٨.٢٢ كيلو كالورى غالباً حيث تمثل الطاقة المكافئة لحمض اليوريك لكل جرام نيتروجين ، وقد يستخدم عامل ٨.٧ كيلو كالورى لانه يعطى متوسط محتوى الطاقة فى البول تقريباً لكل وحدة نيتروجين ، وهناك فرق بسيط نسبياً بين هذه العوامل للتصحيح بين الانواع المختلفة لابد من اخذه فى الاعتبار ، ولابد من فحص هذه العوامل لتقيم صحتها.

الفاقد فى الحرارة الفسيولوجية النافعة او الفاقد فى الطاقة القابلة للتمثيل :

Heat increment (HI)

عبارة عن الزيادة فى طاقة الانتاج التالية لاستهلاك الغذاء عندما يكون الحيوان فى ظروف وحالة المدى الحرارى المحايد (أو الاتزان الحرارى) Thermo neutral Environment وتشمل زيادة حرارة او طاقة التخمر وايضاً ميتابوليزم العناصر الغذائية ، وهناك استهلاك قليل للطاقة فى عمليات المضغ Mastiating وهضم الغذاء. وهذه الطاقة مفقودة باستثناء اذا كانت حرارة الظروف المحيطة اقل من الحرارة الحرجة ، وهذه الطاقة قد تستعمل لحفظ الجسم دافئ ، وبهذه الطريقة تصبح هذه الطاقة جزء من احتياجات الحرارة الصافية لحفظ الحياه (شكل رقم (١٢)) والمعادلة التالية لحساب HI :

HI للغذاء المأكول = الطاقة الناتجة عند تغذية الحيوان – الطاقة الناتجة من الحيوان عند الصيام

فى حالة عدم امكانية صيام الحيوان يمكن حساب طاقة الانتاج بالتغذية على مستوين او اكثر من العنصر الغذائى المأكول وحساب الفرق فى طاقة الانتاج ، وهذه المستويات المأكولة يجب ان تكون قريبة بعض الشئ من الاحتياجات الفعلية للعمليات الفسيولوجية.

وبذلك يمكن تقدير او حساب Heat increment لعنصر ما وهذه تشير بالخطأ الى ما يسمى Specific dynamic effect وهناك اصطلاح مرادف HI هو Thermogenic action, Calorigenic effect واحياناً Specific dynamic effect •

طاقة التخمر : Heat of fermentation (HF)

عبارة عن الطاقة الناتجة فى القناة الهضمية نتيجة الفعل الميكروبى.

طاقة تمثيل العنصر الغذائى : Heat of Nutrient Metabolism (HNM)

عبارة عن الطاقة الناتجة من استخدام العناصر الغذائية الممتصة.

الطاقة الصافية : Net energy (NE)

هى الفرق بين الطاقة القابلة للتمثيل (ME), Heat increment (HI)

وتشمل كمية الطاقة المستخدمة سواء فى حفظ الحياه فقط او فى حفظ الحياة والانتاج. ومن الممكن التعبير عن الطاقة الصافية بانها الطاقة الكلية المحتجزة فى الانسجة او فى النواتج المتكونة علاوة على طاقة احتياجات حفظ الحياه ، وتحت الحرارة الحرجة فان HI تعتبر جزء من الطاقة الصافية (شكل (١) ولذا فانه من الضرورى عند ذكر او كتابة الطاقة الصافية ذكر العوامل المؤثرة عليها فى حساباتها Functions مثال ذلك الطاقة الصافية لحفظ الحياة والانتاج (NEm +

P) وايضاً الطاقة الصافية لحفظ الحياه فقط (NEm) ، الطاقة الصافية للانتاج فقط (NEp) وهذه الرموز السفلية اسفل الحروف او الأدلة تحت الحروف ضرورية لحساب الطاقة الصافية المطلوبة دون ارباك.

الطاقة الصافية لحفظ الحياه : Net energy for maintenance (NEm)

هى جزء من الطاقة الصافية تستهلك لحفظ الحيوان فى اتزان حرارى ، وفى ذلك لا زيادة او نقص فى الطاقة فى انسجة الجسم ، والطاقة الصافية لحفظ الحياه فى حالة الحيوان المنتج قد تختلف عنها فى حالة الحيوان غير المنتج وبنفس الوزن الحى ، وذلك راجع الى تغيرات فى كميات الهرمونات الناتجة وايضاً الى الاختلافات فى الانشطة الاختيارية Voluntary activity وهذه الاختلافات قد توجه الى حفظ الحياه وعمليات توجه عادة الى احتياجات الانتاج.

الطاقة الصافية للانتاج : Net energy for production (NEp)

هى جزء من الطاقة الصافية ضرورية بالاضافة الى احتياجات حفظ حياة الجسم المستخدم فى العمل او زيادة الانسجة (النمو و / او انتاج الدهن) ، او تكوين الجنين واللبن والبيض والصوف والشعر والفرو والريش ولابد من ذكر نوعيه المنتج عند التقدير والحساب.

التمثيل القاعدى : Basal metabolism (BM)

هو التغير الكيماوى الحادث فى خلايا جسم الحيوان فى حالة الصيام وفى حالة الراحة عند استخدامه طاقة كافية للحفاظ على حيوية الانشطة الخلوية وعمليات التنفس والدورة الدموية والذى يتم قياسة بمعدل التمثيل القاعدى.

عند قياس التمثيل القاعدى لابد ان يكون الحيوان تحت ظروف اساسية تعرف بانها تشمل حالة اتزان حرارى (تحت ظروف مدى حرارى محايد) وراحة وحالة Postabsorptive state وفى حالة وعى Consciousness وهدوء quiescence واسترخاء جنسى Sexual repose وفى حالة المجترات قد يكون هناك صعوبة فى التقدير خاصة عند الوصول لحالة Postabsrptive state يفضل المصطلحات التالية (مع الاخذ فى الاعتبار طول فترة الصيام) :

حرارة الانتاج فى حالة الصيام : * fasting heat production

*** fasting heat Catabolism (FHP + urinary energy lost during fast)**

طاقة او حرارة الهدم فى حالة الصيام (حرارة الانتاج فى حالة الصيام + طاقة البول المفقودة فى حالة الصيام).

ملحوظة : يوخذ فى الاعتبار طول فترة الصيام وتجريبياً ممكن اعتبارها من ٤٨ الى ١٤٤ ساعة بعد الاكل للوصول الى نسبة تنفسية لغير البروتين المكافئة للنسبة التنفسية لهدم الدهن ، وعملياً تكون فترة الصيام ٤٨ الى ٧٢ ساعة بعد الاكل للحصول على قيم تمثيل الصيام.

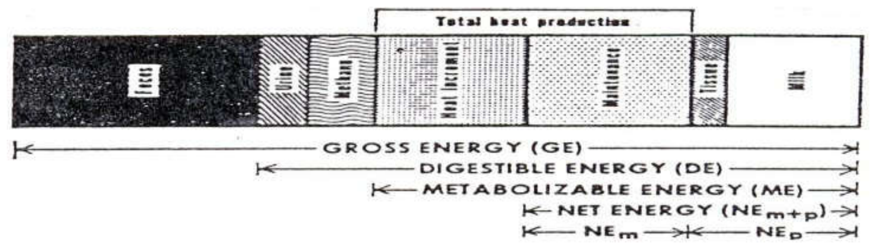
طاقة النشاط الاختيارى : Energy of voluntary activity (VA)

عبارة عن كمية الطاقة اللازمة للحيوان لامداده بالطاقة المحتاج اليها مثال ذلك الاستيقاظ والوقوف والحركة للحصول على الغذاء ، الرعى ، شرب المياه والاسترخاء. (تراجع الطاقة الصافية لحفظ الحياه والفرق بين الحيوانات المنتجة وغير المنتجة).

الطاقة اللازمة لحفظ الجسم دافى : Heat to keep body warm (HBW)

هى الطاقة الاضافية اللازمة لحفظ جسم الحيوان دافئ عندما تكون حرارة البيئة المحيطة اقل من درجة الحرارة الحرجة ، ومن الممكن استخدام Heat increment لهذا الغرض (شكل ١٢).

تعرف درجة الحرارة الحرجة لحيوان يتغذى على عليقة معينة بانها درجة حرارة الهواء المحيط اقل من طاقته الانتاجية تزيد اذا اصبحت البيئة المحيطة باردة.



شكل رقم (٤٨) الطاقة اللازمة لحفظ الجسم دافئ

الطاقة اللازمة لحفظ الجسم بارد : Heat to keep body cool

هى طاقة الزرق التى يستهلكها الحيوان عندما تكون درجة حرارة الظروف المحيطة اعلى من المدى الحرارى المحايد للحيوان ، وفرق درجة حرارة الهواء الحرجة للحيوان فان معدل التمثيل يبقى ثابت مع ارتفاع درجة حرارة الهواء حتى يصبح الهواء ساخن ليزيد درجة حرارة الجسم ، وهذا يسبب طاقة انتاجية عالية خلال سرعة عمليات الجسم الحيوية والتى تتضمن اللهث Panting ، معدل التنفس ، معدل نبض وضربات القلب بالرغم من ان الحيوان يكون ساخن جداً. اذا عانى الحيوان من الحرارة لدرجة فقد الشهية فانه قد ينتج حرارة كلية قليلة بسبب انخفاض Heat increment.

طاقة الانتاج الكلية : Total heat production (HP)

طاقة الانتاج الكلية لحيوان يستهلك غذاء فى حالة ظروف محيطة حرارية محايدة تجمع Heat increment (حرارة التخمر + حرارة تمثيل العنصر الغذائى) + طاقة حفظ الحياه (التمثيل القاعدى + طاقة النشاط الاختيارى) شكل (١٣).

$$HP = HI + BM + VA .$$

BM فى حالة الحيوانات المجترة قد يكون حرارة الانتاج فى حالة الصيام. وتقاس الطاقة الانتاجية HP مباشرة او غير مباشرة كلاريمتريا ، فى حالة القياس بطريقة مباشرة تقاس HP باستخدام Animal calorimeter مسعر التنفس. او المسعر الحرارى والقياس بطريقة غير مباشرة يتم الحساب بالمعادلة التالية :

HP (كالورى) = ٣.٨٦٦ (O2 لتر)+ ١.٢(CO2 لتر) – ٠.٢٢٩ (نتروجين البول جم × ٦.٢٥) – ٠.٥١٨ (ميثان لتر)

هذه المعادلة ممكن استخدامها فى حالة المجترات والحيوانات وحيدة المعدة والطيور مع حذف جزئية الميثان لقلته فى حالة وحيدة المعدة والطيور.

وممن الممكن قياس HP باستخدام Comparative slaughter technique والمعادلة التالية : $HP = ME – NEp$

وباستخدام طريقة الذبح المقارن The comparative slaughter ممكن قياس الطاقة الصافية للانتاج (NEp) وتجارب التمثيل والهضم لتقدير الطاقة القابلة للتمثيل ME وايضاً الطاقة الانتاجية ، ومن الممكن تقدير وحساب جزء الطاقة الانتاجية الكلية المستخدم فى حفظ الحياه (NEm) بالتغذية على مستويين اواكثر مع عمل امتداد للنتائج الى صفر طاقة مأكولة ٠ وايضاً يمكن تقدير الطاقة الانتاجية من ميزان الكربون والنتروجين بنفس الاسلوب.

العلاقة بين درجة حرارة الظروف البيئية المحيطة والطاقة الانتاجية :

Relation of environmental temperature to heat production

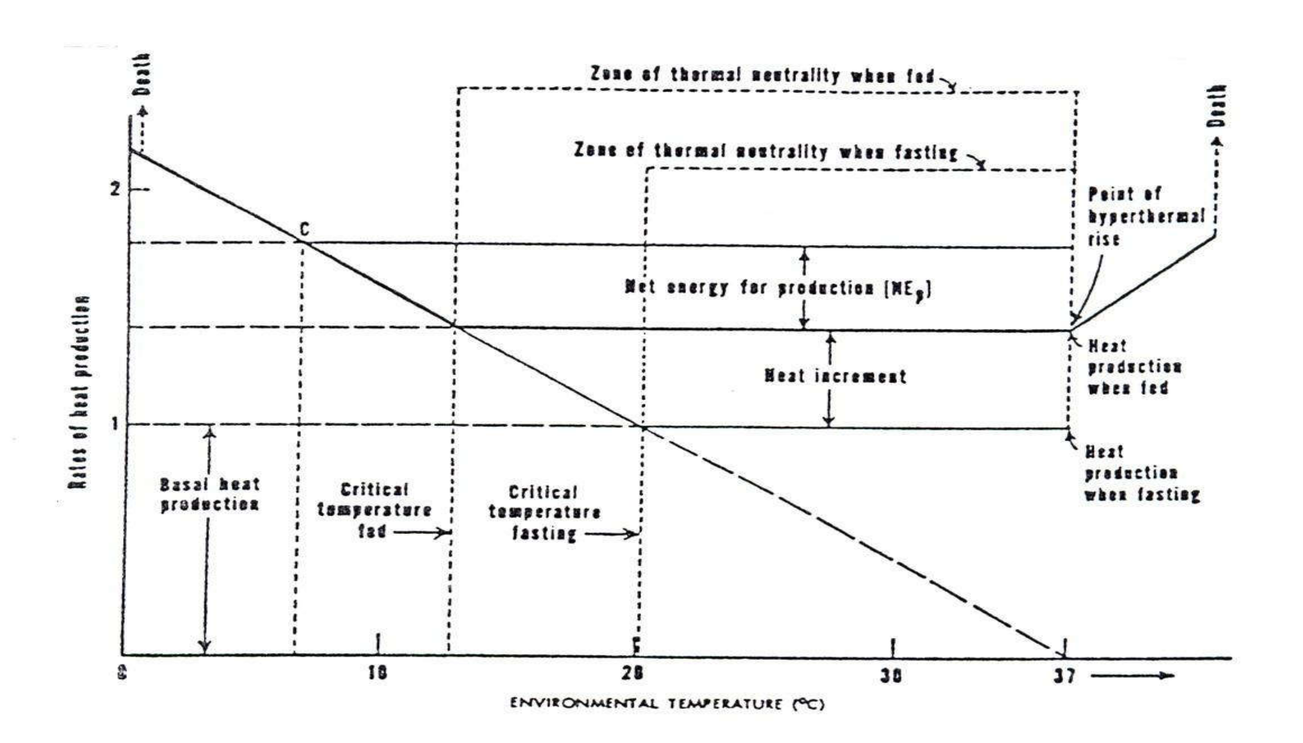
يوضح شكل (١٣) توضيح مبسط للعلاقة الافتراضية بين درجة حرارة الظروف المحيطة ومعدلات الطاقة الانتاجية للحيوانات ، وتختلف القيم الحقيقية مع نوعية الحيوان ونوع العليقة المأكولة.

*- ومنطقة او المدى الحرارى المحايد The zone of thermal neutrality هى منطقة بين درجة الحرارة الحرجة ونقطة الارتفاع الحرارى المفرط Hyper thermal rise ، وتختلف تبعاً لكمية واتزان الغذاء المأكول والتى تعكس كمية Heat increment وتمثل درجة حرارة الظروف المحيطة عندما لا يستخدم الحيوان الطاقة ليحفظ جسمه دافئ (HBW = O) او بارد (HBC = O).

*- عندما تكون درجة حرارة الظروف المحيطة اقل من درجة الحرارة الحرجة فى حالة الحيوان الصائم فان HI للغذاء تقل بالتناسب مع انخفاض الحرارة لان جزء من هذه الحرارة تستخدم كجزء من الطاقة الصافية للحيوان ٠ ويستخدم HI كاملة عندما تكون اقل حرارة للحيوان الذى تم تغذيته (HI + AV + BM) تقابل الاحتياجات الحرارية المنتظمة (شكل (١٣) لا يوضح A) وهذه تحدث عند درجة الحرارة الحرجة فى الحيوان الذى تم تغذيته ، واقل من درجة الحرارة الحرجة يزيد معدل الطاقة الانتاجية بالتناسب مع انخفاض درجة حرارة الظروف المحيطة ويتبعها الاحتياجات الحرارية المنتظمة.

يتضمن شكل (١٣) ايضاً مساحة توضح الطاقة الصافية للانتاج والتى تعتبر جزء من الطاقة الكلية المأكولة المستخدمة فى النمو وانتاج اللبن والبيض ، وخلال منطقة المدى الحرارى المحايد فان معدل الانتاج (طاقة) يكون مستقل عن التغيرات فى درجة حرارة البيئة المحيطة.

عند انخفاض درجة حرارة البيئة المحيطة بالحيوان الذى تغذى ينخفض معدل الانتاج (مع ثبات كمية الغذاء المستهلك)، وعند استمرار انخفاض درجة الحرارة الى ثلث درجة الحرارة الحرجة (اقل حرارة للانتاج) يقل الانتاج الى الصفر.



شكل رقم (٤٩) يوضح مساحة توضح الطاقة الصافية للانتاج

فى شكل (٥) توجد نقطة C تتقاطع عندها خط الطاقة الصافية للانتاج (خط علوى) مع خط احتياجات الطاقة ، وتحت هذه درجة الحرارة (اقل درجة حرارة للانتاج) يفقد الحيوان مواد الجسم ويجوع حتى الموت ورغم ذلك يأكل حسب قدرته وهذه القدرة غير كافية لمقابلة احتياجاته من الطاقة المنتظمة وعند زيادة درجة الحرارة المحيطة فوق المدى الحرارى المفرط يكون الحيوان غير قادر على تشتيت او يبدد الحرارة dissipate heat وينتهى ذلك بالموت ، وعمليا يقل استهلاك الحيوان الغذاء عادة عندما يزيد الحرارة الى نقطة المدى الحرارى المفرط.

ميزان الطاقة : Energy balance (EB)

هى العلاقة بين الطاقة الكلية للغذاء المأكول الى الطاقة المفقودة فى الاخراج ، ويطلق عليها ايضاً اصطلاح الطاقة المحتجزة Energy retention ويتم الحساب كما يلى :

$$EB = GEi - FE - UE - GPD - HP$$

ميزان الطاقة = الطاقة الكلية المأكولة – طاقة الزرق – طاقة البول – هضم النواتج الغازية – طاقة الانتاج

ولدقة الحساب يجب طرح طاقة التنفس وافرازات البشرة من الطاقة الكلية المأكولة ، فاذا كانت EB موجبة فان الحيوان يكون فى حالة ميزان طاقة موجب واذا كانت سالبة فان الحيوان يكون فى حالة ميزان طاقة سالب ، وفى حالة حفظ الحياة يكون EB = صفر. فى حالة الحيوانات وحيدة المعدة والطيور فان النواتج الغازية للهضم لا تؤخذ فى الاعتبار.

ميزان الكربون : (CB)

هى العلاقة بين كربون الغذاء المأكول الى الكربون المفرز فى الاخراج ويحسب كالتالى :

CB = محتوى كربون الغذاء المأكول – الكربون فى الروث والبول ومنتجات الهضم الغازية وثانى اكسيد الكربون

ولدقة الحساب يجب طرح محتوى الكوبون فى عمليات التنفس والافرازات من البشرة من محتوى كربون الغذاء ، فاذا كان CB موجب يكون الحيوان فى ميزان كربون موجب ويحجز كربون فى صورة انسجة – اجنة – بيض – لبن وصوف. واذا كانت المنتجات مثل البيض او اللبن فى حالة انتاج مستمر فعادة يكون الجسم فى حالة ميزان كربون مستمر ومع ذلك اذا فقد الحيوان وزنه يكون الجسم فى حالة ميزان كربون سالب ، اذا كان ميزان الكربون سالب فان الحيوان يفقد كربون من جسمه ، وفى حالة الطيور والحيوانات وحيدة المعدة لا يؤخذ فى الاعتبار نواتج الهضم الغازية.

نسبة العنصر الغذائى الى الكالورى : Nutrient – to – calorie ratio

من المقبول ان احتياجات الحيوانات من الطاقة ومن العناصر الغذائية ترتبط ببعضها كمياً ، وهذا لايعنى بالضرورة انها علاقة سبب وتأثير مباشر Direct cause – and effect relation ولكن تعنى ان هناك اتزان مثالى بينهم ، والاحتياج لهذه العناصر الغذائية لتمثيل الطاقة تعتبر منطقياً كمية الطاقة التى تمثل هى تقدير لهذه الاحتياجات ، وبالتالى فمن المنطقى ان يعبر عن العناصر الغذائية بالوزن لكل وحدة طاقة يحتاجها ، مثال ذلك يقترح ان نسبة البروتين الى الكالورى يعبر عنها بروتين بالجرام (نتروجين × ٦.٢٥) لكل ١.٠٠٠ كيلو كالورى طاقة قابلة للتمثيل (بروتين جم / ١.٠٠٠ كيلو كالورى ME) ٠ اذا تم تصحيح ME بالنتروجين المحتجز او المفقود من الجسم فان نسبة بروتين الى الكالورى تكون بروتين بالجرام / ١.٠٠٠ كيلو كالورى MEn) وهذه القياسات من السهل استخدامها فى العناصر الغذائية الاخرى كالسيوم جم / ١.٠٠٠ كيلو كالورى او ريبوفلافين جم / ١.٠٠٠ كيلو كالورى.

اذا كان من المفضل التعبير عن التركيز بنسبة مئوية من العنصر الغذائى فى وزن الغذاء او مخلوط العلف او العليقة من البداية حساب وزن الغذاء بوحدات الوزن بالجرام او الكيلو جرام التى تمثل ١.٠٠٠ كيلو كالورى ME او الكيلو كالورى الكلى الذى يحتاجه.

كمية العنصر الغذائى الذى يحتاجة لكل ١.٠٠٠ كيلو كالورى ME او احتياجات العنصر الغذائى الكلى يقسم على وزن الغذاء المحتوى ١.٠٠٠ كيلو كالورى ME اويقسم على وزن الغذاء المحتوى Kcal ME الكلى ، ومن الممكن توضيح تلك الحسابات كما فى المثال التالى :

جدول رقم (٨٥): احتياجات بقرة وزنها ٥٠٠ كيلو جرام تنتج ٢٠ كيلو جرام لبن يحتوى ٤% دهن زبدة٠

	كلى	**لكل ١.٠٠٠ كيلو كالورى ME**
طاقة (ME)	٢٩.١٨٠ كيلو كالورى	١.٠٠٠ كيلو كالورى
بروتين مهضوم	١.٢٢٠ جم	٤٢ جم
فوسفور	٤٦ جم	١.٦ جم
وزن علف جاف :		
١.٨٠٠ كيلو كالورى / كجم	١٦.٢ كجم	٥٦ كجم
احتياجات البروتين المهضوم	٧.٥ %	٧.٥ %
احتياجات الفوسفور	٠.٢٨ %	٠.٢٨ %

لتحويل البروتين المهضوم الى بروتين خام % (نسبة مئوية) يتم بالقسمة على معامل هضم البروتين مائة مرة ، ويفضل فى حالة الدواجن حساب الاحتياجات على اساس البروتين الخام الكلى بدلاً من الاساس البروتين المهضوم.

مسارات توزيع الطاقة الحقيقية : True energy – distribution scheme

تحديد اساس توزيع مكونات الطاقة فى المسارات الطبيعية موضحاً فى شكل رقم (٢) ورغم عدم توفر طرق قياس وتحديد كل من مكونات الطاقة حتى الآن فهناك بعض الاصطلاحات المحددة وتعريفات مناسبة توخذ فى الاعتبار ، ومن خلال نظام توزيع الطاقة الحقيقية يعتبر طاقة الروث التمثيلى وطاقة البول التمثيلى الداخلى (الهدم الداخلى) جزء من احتياجات حفظ الحياه (شكل 2B).

طاقة الروث التمثيلى : Fecal energy, metabolic (FE_m)

هى كمية الطاقة الموجودة فى جزء الجسم التمثيلى فى الروث (الكشطات المخاطية من الامعاء ، سوائل الهضم) والتى لا تأتى من بقايا الغذاء غير الممتص ، وهذه الطاقة تقيس جزء من احتياجات حفظ الحياه والتى تستبدل باستمرار (شكل 2B) ، وحيث ان الحيوانات المنتجة تستهلك غذاء اكثر من الحيوانات غير المنتجة فان جزيئة طاقة الروث التمثيلى تكون اكبر مع ثبات القيم الهضمية للعليقة ، وعمليا هذا الفرق ممكن اعتباره جزء من احتياجات الانتاج ٠

الطاقة المهضومة الحقيقية : True digestible energy (TDE)

هى طاقة الغذاء المأكول مطروحاً منها طاقة الروث من اصل الغذاء ($FE – FE_m$) – طاقة نواتج الهضم الغازية – طاقة التخمر

$$TDE = GEi - (FE - FE_m) - GPD - HF$$

Or

$$TDE = GEi - \underbrace{FE + FE_m}_{\text{جزء من احتياجات حفظ الحياه}} - GPD - HF$$

طاقة البول التمثيل الداخلى : Urinary energy, endogenous (UEe)

هى كمية الطاقة الموجودة فى جزء الجسم التمثيلى الداخلى فى البول الكلى ، وتتكون من طاقة البول التى لا تأتى مباشرة من الغذاء ، هذه الجزئية تقيس جزء من احتياجات الطاقة والتى تستبدل باستمرار (شكل 2B) ٠ اذا كان التحكم الهرمونى (التنظيم الهرمونى) يزيد من التمثيل القاعدى (BM) فى الحيوانات المنتجة فهذه الجزئية من الطاقة تكون اكبر.

الطاقة التمثيلية الحقيقية : True metabolizable energy (TME)

هى طاقة الغذاء المأكول الكلية مطروحاً منها طاقة الروث من اصل الغذاء ($EE – FE_m$) – طاقة نواتج الهضم الغازية – طاقة التخمر – طاقة البول من اصل الغذاء (UE-UEe) ٠

$$TME = GEi – (FE – FM_m) – GPD – HF – (UE – UEe)$$

Or $$TME = GEi – FE + FM_m) – GPD – HF – UE + (UEe)$$

جزء من احتياجات حفظ الحياه

الطاقة التمثيلية الحقيقية المصححة بالنتروجين :

N- Corrected true metabolizable energy (TMEn)

هى طاقة الغذاء المأكول الكلية مطروحاً منها طاقة الروث من اصل الغذاء (EF – FEm) – طاقة نواتج الهضم الغزية – طاقة التخمر – طاقة البول من اصل الغذاء (UE-UEe).

والناتج الاجمالى يصحح بالنتروجين المحتجز او المفقود من الجسم.

$$TMEn = GEi – (FE – FEm) – GPD – HF – (UE-UEe) \pm (N.B. O 7.45 Kcal).$$

Or

OR $$TMEn = GEi – FE + FEm – GPD – HF – UE+UEe \pm (N.B. O 7.45 Kcal).$$

ملحوظة : يراعى فى حالة الدواجن استخدام العامل ٨.٢٢ كيلوكالورى بدلاً من ٧.٤٥ كيلو كالورى وذلك بسبب انها تمثل الطاقة المكافئة لحمض اليوريك لكل جرام نيتروجين واحياناً يستخدم عامل ٨.٧ كيلو كالورى حيث تمثل متوسط تقريبى لمحتوى الطاقة فى البول لكل وحدة نتروجين.

الطاقة الصافية الحقيقية : True net energy (TNE)

هى طاقة الغذاء المأكول الكلية مطروحاً منها طاقة الروث من اصل الغذاء ($FE-FE_m$) – طاقة نواتج الغازية – طاقة التخمر – طاقة البول من اصل الغذاء (UE – UEe) – طاقة تمثيل النتروجين.

$$TNE = GEi – (FE – FE_m) – GPD – HF – (UE - UEe) - HNM.$$

Or $$TNE = GEi – FE + FE_m – GPD – HF – UE + UEe - HNM.$$

جزء من احتياجات حفظ الحياة

الطاقة الصافية لحفظ الحياة الحقيقية : True net energy for maintenance (TNE_m)

هى مجموع ما يحتاجة من طاقة للتمثيل القاعدى (BM) والانشطة الاختيارية وطاقة الروث التمثيلى (من اصل الجسم) وطاقة البول التمثيلى الداخلى (من اصل الجسم) ، الطاقة الصافية للحيوانات المنتجة قد تختلف عن الطاقة الصافية للحيوانات غير المنتجة نفس الوزن.

$$TNEm = BM + VA + FEm + UEe$$

وتحت درجة الحرارة الحرجة وفوق درجة المدى الحرارى المفرط تؤخذ فى الاعتبار الحرارة اللازمة لحفظ الجسم دافئ اوبارد (شكل (١٢) ، (١٣)).

قيم الوقود الفسيولوجية : Physiological Fuel Value (PFV)

يعبر عن قيم الوقود الفسيولوجية بالكالورى وهى وحدات تستعمل فى الولايات المتحدة الامريكية لقياس طاقة الغذاء فى تغذية الانسان ، وقد تطور تقدير قيم الوقود الفسيولوجية من خلال الابحاث التى اجراها W.O.Atwater ومساعدوه فى ولاية كونكتكت فى محطة التجارب الزراعية على الانسان ، وقد قدروا قيم الوقود الفسيولوجية لمدى واسع لانواع مختلفة من الاغذية ، والطريقة الشائعة لحساب قيم الطاقة للأغذية تشمل تقدير متوسط كمية البروتين والدهن والكربوهيدرات فى واحد جرام من الغذاء ، ويقدر محتوى البروتين والدهن بالتحليل الكيماوى بينما النسبة المئوية للكربوهيدرات يتحصل عليها بالفرق المتبقى بعد خصم مجموع الدهن والبروتين والرماد والرطوبة من المائة وهذا الفرق يطلق عليه الكربوهيدرات الكلية والتى تشمل الكربوهيدرات والالياف وايضاً متبقيات موجودة غير كربوهيدراتية٠ وممكن حساب قيم الوقود الفسيولوجية فى مائة

جرام عينة من الغذاء باستخدام قيم ٤-٩-٤ (كيلو كالورى قيم وقود فسيولوجية لكل جرام كربوهيدرات ودهن وبروتين على الترتيب) ، وهذه الطريقة تفترض قيم هضمية ثابتة للبروتينات والدهون والكربوهيدرات لكل الاغذية (جدول رقم (٥)).
قيم الطاقة فى الجدول عبارة عن قيم متوسطة من جميع المصادر لكل عنصر غذائى – بروتينات – دهون – كربوهيدرات ، وهذه الطريقة لا تستخدم المسعر الحرارى لقياس الطاقة Bomb calorimeter لقياس حرارة الاحتراق لكل غذاء.
وفى الاصل يتم خصم ١.٢٥ كيلو كالورى من كل جرام بروتين مهضوم لقياس قيم الوقود الفسيولوجية بالكيلو كالورى لكل جرام كما يلى : لكل جرام نتروجين فى البول يوجد مواد عضوية غير مؤكسدة كافية لانتاج ٧.٩ كيلو كالورى ، وعلى فرض ان كل الطاقة فى البول تأتى من البروتين فانه يتم احلال البروتين المهضوم نتروجين البول فى نسبة كالورى الى نتروجين بضربها فى ٦.٢٥
حيث بفرض ان جرام واحد من النتروجين فى البول يمثل هدم ٦.٢٥ جرام بروتين مهضوم مستهلك ، سوف تكون ٧.٩ كيلو كالورى طاقة مفقودة فى البول او ٧.٩ / ٦.٢٥ = ١.٢٦٤ كيلو كالورى / جرام بروتين مهضوم ، وتقرب هذه القيم الى ١.٢٥ مثل معظم القيم تقرب الى اقرب ٠.٠٠٥ وهذه ١.٢٥ كيلو كالورى تقدر لجرام وحد من النتروجين الممتص وهذه القيم لابد من ضربها فى معامل الهضم (فرضياً ٩١%) ليتم تطبيقها لهذه الجزئية من البروتين المهضوم والممتص ، لذلك كيلو كالورى بروتين مهضوم ٥.١٤ مطروحاً منه ١.١٤ = ٤.٠٠ كيلو كالورى وهذا العامل يختص بالبروتين المستهلك كما فى الجدول التالي.

جدول رقم (٨٦): اساس حساب قيم الوقود الفسيولوجى لكل جرام من غذاء الانسان

	متوسط الطاقة الكلية كيلو كالورى /جم	معامل الهضم فرضياً	الطاقة المهضومة كيلو كالورى/جم	فقد فى البول كيلو كالورى فرضياً	قيم الوقود الفسيولوجى كيلو كالورى/جم
بروتين	٥.٦٥	٩١	٥.١٤	(١.١٤=٠.٩١×١.٢٥)	٤
دهون	٩.٤٠	٩٦	٩.٠٢	لايوجد	٩
كربوهيدرات	٤.١٥	٩٦	٣.٩٨	لايوجد	٤

فى عام ١٩٤٧ تم التوصل الى نظام Atwater واعتمد قيم الوقود الفسيولوجى للاغذية ونشر بعناية من بيت خبرة لمنظمة الاغذية والزراعة – الامم المتحدة والقيم المستخدمة مرضية ويستخدم كأساس للقيم الحرارة فى جدول تركيب الاغذية التى تنشرها المنظمة.

الطاقة الحيوية Bioenergetics

مقدمة : Introduction

الطاقة الحيوية Bioenergetics او الكيمياء الحيوية الديناميكية الحرارية هى دراسة فى تغيرات الطاقة مصاحبة للتفاعلات الكيميائية ، وتضع اسس وقواعد تفسير سبب حدوث بعض التفاعلات وعدم حدوث الاخرى ، وفى الانظمة غير الحيوية تستخدم الطاقة الحرارية لاداء عمل ولكن فى الانظمة الحيوية تكون اساساً Isothermic وتستخدم الطاقة الكيماوية لاداء وتنشيط العمليات الحيوية .

الأهمية الطبية الحيوية : Biomedical importance

الاحتياج الى الوقود المناسب لامداد الحيوان بالطاقة التى تمكنه من القيام بالعمليات الحيوية العادية ، وكيفية حصول الكائنات الحية على هذه الطاقة من غذائها هى الاساس لفهم ودراية التغذية العادية السليمة وتمثيلها ، ويحدث الموت من الجوع عندما يقل مخازن الطاقة المتاحة وحدوث صور من نقص التغذية Malnutrition مصاحبة بعدم اتزان الطاقة Marasums وهو ما يعرف بالهزال التدريجى .

ويمكن ضبط والتحكم فى معدل انطلاق الطاقة والمقاس بـ The metabolic rate بواسطة هرمونات الغدة الدرقية والتى اذا حدث بها خلل تسبب الامراض ، وينتج عن تخزين الزائد من الطاقة ما يعرف بالسمنة Obesity وهو واحد من اكثر الامراض شيوعاً فى المجتمعات الغربية Occidental society .

الطاقة الحرة هى أفضل طاقة فى النظام : Free Energy is the useful energy in a system

التغيرات فى الطاقة الحرة (ΔG) هى ذلك الجزء من تغيرات الطاقة الكلية فى النظام والمتاحة لاداء عمل . وتعرف الطاقة المفيدة فى الانظمة الكيماوية الجهد الكيماوى Chemical potential .

توافق / تطابق الانظمة البيولوجية مع القوانين العامة للديناميكية الحرارية :

Biologic systems conform to the general laws of thermodynamics

ينص القانون الأول للديناميكية الحرارية ان طاقة النظام الكلية والمتضمنة ما يحيط بها تبقى ثابتة وهذا ايضاً هو قانون حفظ الطاقة او بقاء الطاقة ، ومن المفهوم ضمناً انه خلال النظام الكلى ان الطاقة اما تفقد او تزيد خلال اى تغير ، ومع ذلك خلال هذا النظام الكلى قد تنتقل او يتحول الطاقة من مكان ما الى آخر او من صورة الى صورة اخرى ، مثال ذلك قد تتحول الطاقة الكيمائية الى طاقة حرارية او طاقة كهربية او طاقة اشعاعية او طاقة ميكانيكية فى الانظمة الحية .

وينص القانون الثانى للديناميكية الحرارية ان (الانتروبيا : عامل رياضى يعتبر مقياس للطاقة) Total entropy للنظام يجب زيادته اذا كانت العملية (التفاعل / التحور / النقل) يحدث تلقائياً ويمثل Entropy مدى الخلل او العشوائية فى النظام وتبلغ اعلى معدلاتها فى النظام عندما يقترب من الاتزان الحقيقى ، وفى حالات درجات الحرارة الثابتة والضغط الثابت فان العلاقة بين تغير الطاقة الحرة (ΔG) فى نظام التفاعل وتغير فى(ΔS) Entropy يمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية والتى تتضمن القانون الأول والثانى للديناميكية الحرارية:

$$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$$

ΔH = التغير فى Enthalpy (الحرارة)

T = درجة الحرارة المطلقة Absolute temperature

وفى حالة تفاعلات الكيمياء الحيوية حيث ΔH مساوية تقريباً ΔE (التغير الكلى فى الطاقة الداخلية للتفاعل) فتعبر عن العلاقة السابقة بالمعادلة التالية :

$$\Delta G = \Delta E - T\,\Delta S$$

اذا كانت ΔG علامتها سالبة فان التفاعل يتجه تلقائياً الى فقد فى الطاقة الحرة يطلق علي التفاعل Exergonic واذا كان ΔG لها قيمة كبيرة فان التفاعل يكتمل ولا يكون عكسياً اساساً ، وعلى الجانب الأخر اذا كان ΔG موجبة فان التفاعل يتم فقط اذا اكتسب طاقة حرة ويطلق عليه Endergonic واذا كان ΔG لها قيمة كبيرة فان النظام يبقى ثابت مع ميل قليل لحدوث التفاعل او عدمه .

اذا كانت ΔG = صفر فان النظام يكون فى حالة اتزان ولايحدث تغيرات صافية ، وعندما يكون تركيز المواد المتفاعلة ١.٠ مول / لتر تكون ΔG° = تغير الطاقة الحرة القياسى Standard free energy change .

وفى التفاعلات الكيماوية الحيوية يكون pH الحالة القياسية يساوى ٧.٠ ويرمز للتغير فى الطاقة الحرة القياس $\Delta G°$ ، ويحسب من اتزان الثوابت K` eq .

$$\Delta G°` = - 2.303 \ RT \ \log K`eq$$

R = ثابت الغاز Gas constant

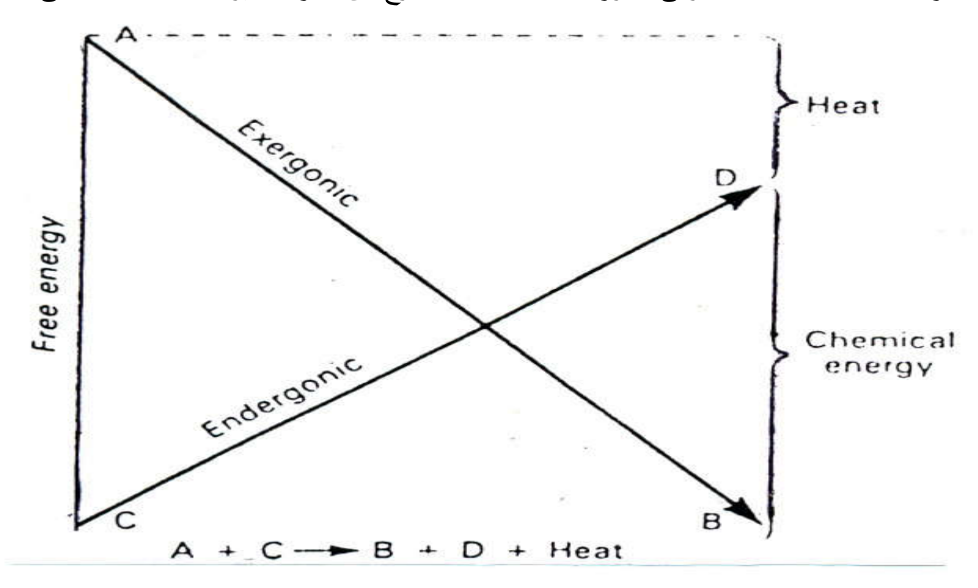
T = درجة الحرارة المطلقة Absolute temperature

ومن الضرورى معرفة ان ΔG قد تكون اكبر او اصغر من $\Delta G°`$ ويعتمد ذلك على تركيزات مختلف المواد المتفاعلة ، وفى نظام تفاعلات الكيمياء الحيوية فمن المفضل ان يسرع الانزيمات فقط من الوصول الى الاتزان ، ولايمكن تغير التركيزات النهائية للمواد المتفاعلة عند الاتزان .

ازدواج عمليات البناء وعمليات الهدم :

Endergonic processes proceed by coupling to exergonic processes

تتحصل العمليات الحيوية (تفاعلات البناء وانقباض العضلات ، ونبض الاعصاب والنقل النشط ، على الطاقة بالاتحاد الكيمائى او الارتباط لتفاعلات الاكسدة وفى صورتها المبسطة هذا النوع من الارتباط يوضحه الشكل التالى :



شكل رقم (٥٠) ازدواج تفاعلات الهدم والبناء

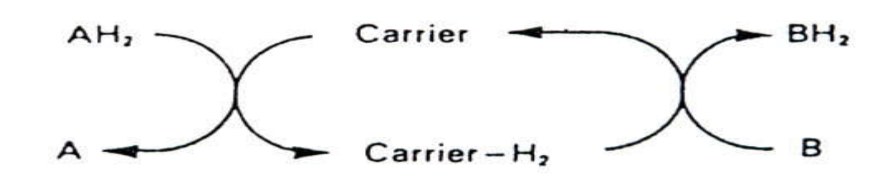
Coupling of an exergonic to an endergonic

يحدث تحويل مركب تمثيلى A الى مركب تمثيلى B مع اطلاق طاقه حرة ، وترتبط مع تفاعل آخر يحتاج الى طاقة حرة لتحويل مركب تمثيلى C الى مركب تمثيلى D ، وتنتقل بعض الطاقة التى تتحرر وتنطلق فى تفاعلات الهدم الى تفاعلات البناء فى صورة غير الحرارة وهذه التفاعلات لا يطبق عليها المصطلحات الكيمائية العادية Exothermic and Ebdothermic وبالنسبة للمصطلحات Exergonic and Endergonic تستعمل لبيان ان العملية تصاحب فقد او اكتساب طاقة حرة بالتعاقب ، بغض النظر عن صورة الطاقة ، وعملياً لاتتم عملية البناء Endergonic process مستقله ولكنها لابد ان تكون مكون a coupled exergonic / endergonic system نظام الهدم والبناء حيث التغير الصافى الكلى يكون Exergonic ، ويطلق على تفاعلات exergonic مصطلح الهدم Catblolism (تكسير او اكسدة جزيئات الوقود Fuel molecules بينما تفاعلات Synthetic والتى تبنى مواد يطلق عليها anabolism ، وجميع عمليات الهدم والبناء هى التمثيل الغذائى metabolism .

اذا كان التفاعل يتجه من اليسار الى اليمين فان العملية الكلية لابد ان تصاحب بفقد طاقة حرة كحرارة ، واحدى ميكانيكية الازدواج Coupling الممكنة ممكن تخيلها اذا كان المركب الوسيط الاجبارى (I) يدخل فى هاذين التفاعلين : مثال :

$$\mathbf{A + C \longrightarrow I \longrightarrow B + D}$$

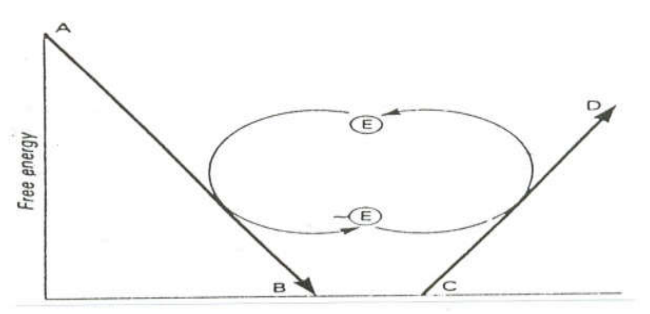
بعض تفاعلات الهدم والبناء فى الانظمة الحيوية تزدوج فى هذا الطريق ويفضل هذا النوع من النظام الذى له ميكانيكية البناء للانضباط الحيوى فى معدل ما يسمح بحدوث الاكسدة الحيوية ، حيث دخول المركب الوسيط الاجبارى الشائع يسمح بمعدل استخدام ناتج طريق (D) Synthetic path لتقدير بـ Mass action المعدل الذى يتأكسد معه A ، وبالفعل تعطى هذه العلاقات الاساس للضوابط التنفسية Respiratory control ، هذه العملية التى تمنع الكائن الحى من عدم الانضباط والحرق غير المنضبط العشوائى ، ويمتد الازدواج بتفاعلات ازالة الهدروجين dehydrogenation reactions التى تزدوج مع الهيدرجة بحامل المركب الوسطى Intermediate carrier.



شكل (٥١) ازدواج تفاعلات ازالة الهيدروجين مع تفاعلات الهيدرجة بحامل المركب الوسطى

Coupling of dehrogenation and hydrogenation reactions by an intermediates

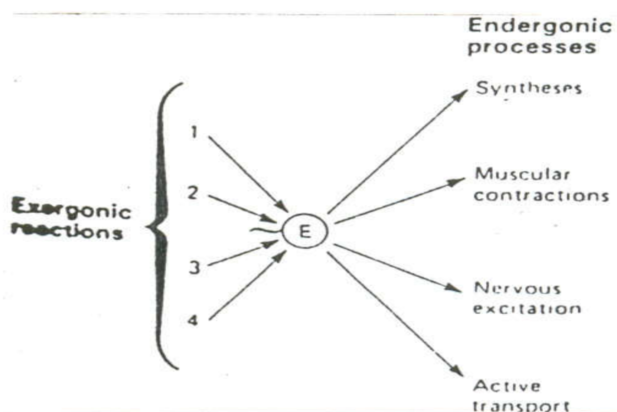
والطريقة البديلة لازدواج عملية الهدم والبناء بتكوين مركب ذو جهد طاقة عالي high-energy potential فى تفاعل الهدم ولارتباط هذا المركب الجديد فى تفاعل البناء وهذا يؤدى الى نقل الطاقة الحرة من طريق الهدم الى البناء وفى الشكل التالى :



شكل (٥٢): نقل الطاقة الحرة من تفاعل الهدم الى البناء خلال مركب وسطى عالى الطاقة

Transfer of free energy from an exergonic to an endergonic reaction via a high –energy intermediate compound

Ⓔ~ مركب ذو جهد طاقة عالي، Ⓔ المركب المطابق ذو جهد طاقة منخفضة، والميزة البيولوجية لهذه الميكانيكية هى E ~ وعلى غير التفاعلات الداخلية أو الهدم exergonic rections الى مجال واسع متكافئ للتفاعلات الداخلية او الهدم او العمليات الحيوية Endergonic reactions or processes كما فى الشكل التالى:



شكل رقم (٥٣): تحويلات الطاقة خلال المركب الغنى بالطاقة الشائع الى عمليات تحتاج طاقة (Endergonic)

Transduction of energy through a common high energy compound to energy – requiring (endergonic) processes

فى الخلايا الحية المركب الحامل اوة الوسطى الاساس الغنى فى الطاقة (يرمز له (E ~)) هو ادينوزين تراى فوسفات (ATP) .

تلعب مركبات الفوسفات الطاقة العالية دور مركزى فى حجز الطاقة ونقلها :

High-energy phosphates play a central rale in energy capture and transfer

لكى يتم المحافظة على العمليات الحيوية فى جميع الكائنات الحية لابد من الحصول على مصادر طاقة حرة من البيئة المحيطة بهم ، والكائنات ذاتية التغذية Autotrophic organisms تعمل على ازدواجية تمثيلها الغذائى مع بعض عمليات الهدم وسط محيط تواجدها ، مثال ذلك تستخدم النباتات الخضراء طاقة ضوء الشمس وبعض البكتريا ذاتية التغذية تستخدم تفاعل الحديدوز Fe-2 الحديدك Fe-3 وعلى جانب آخر تتوصل الكائنات عضوية التغذية على الطاقة الحرة بازدواجية تمثيلها الغذائى مع هدم حزيئات معقدة عضوية فى البيئة المحيطة بها ، فى جميع هذه العمليات الحيوية يلعب ATP دور مركزى فى نقل الطاقة الحرة من عمليات الهدم الى عمليات البناء (شكل ٣ ، ٤) وبمراجعة شكل (٥) فان مركب ATP عبارة عن نيكلوتيد متخصص يحتوى أدنين ، ريبوز ، ٣ مجموعات فوسفات ، وفى تفاعلات الخلية يكون عمله كـ Mg-2 complex شكل(٦).

أدينوزين تراى فوسفات Adenosine triphosphate

معقد ATP مع المغنسيوم

The magnesium complex of ATP (Mg-ADP)

واصبحت اهمية الفوسفات فى المركبات الوسطية للتمثيل الغذائي واضحة جلية مع اكتشاف التفاصيل الكيميائة الدقيقة فى دورة الجليكوليسيس Glycolysis مع دورة مركبات ATP , ADP والفوسفور غير العضوى فى العمليات الحيوية ، ويعتبر ATP كأصل ناقل للفوسفات فى عمليات الفسفرة Transferring phosphate radical in the process of phosphorylation ويتضح دور الـ ATP فى عمليات نقل الطاقة الكيماوية الحيوية فى ان ATP وكرياتتين فوسفات يهدما خلال انقباضات العضلات ويعتمد اعادة بنائهما على الامداد بالطاقة من عمليات الاكسدة فى العضلات ، وهذا من

خلال مفهوم فوسفات الطاقة العالية The concept of high-energy phosphates الذى له دور فى هذه المركبات فى نقل الطاقة.

القيمة الوسطية للطاقة الحرة فى تحليل ATP مقارنة بمركبات الفوسفات العضوية التى لها فعالية معنوية هامة فى نقل الطاقة وميكانيكية تنظيمها :

The intermediate value for the free energy of hydrolysis of ATP compared to other organo phosphates has important bioenergetic significance

الطاقة الحرة القياسية فى تحليل عدد من مركبات الفوسفات الهامة كيمائياً وحيوياً الجدول التالي :

جدول رقم (٨٧): standard free energy of hydrolysis of some organo phosphates of biochemical importance.

Compound	> G°~	
	KJ/mol	Kcal/mol
Phosphoenolpyruvate	-61.9	-14.8
Carbamoyl phosphate	-51.4	-12.3
1,3-Bisphosphoglycerate (to 3-phosphoglycerate)	-49.3	-11.8
Creatine phosphate	-43.1	-10.3
ATP - ADP + P_1	-30.5	-7.3
ATP - ADP + P_1	-27.6	-6.6
Pyrophosphate	-27.6	-6.4
Glucose 1-phosphate	-20.9	-5.0
Fructose 6-phosphate	-15.9	-3.8
AMP	-14.2	-3.4
Glucose 6-phosphate	-13.8	-3.3
Glycerol 3-phosphate	-9.2	-2.2

Krebs and Kornberg (1957).

يتم تقدير الميل المقارن لكل من مجموعات الفوسفات فى النقل الى مستقبل مناسباً من $\Delta G°'$ للتحليل (القياس على درجة ٣٧°م) ، ومن الجدول يتضح ان قيمة تحليل الفوسفات الطرفية لمركب ATP – ٣٠.٥ كيلو جول / مول تنقسم الى مجموعين :

*– مجموعة Low-energy phosphates مثل استرفوسفات (المركب الوسطى فى دورة glycolysis) له قيم $\Delta G°'$ اقل من ATP .

*– مجموعة nigh-energy phosphates تكون القيمة اكبر من ATP ، والمركبات فى هذه المجموعة والتى تحتوى ايضاً ATP ، ADP تكون عادة اندريدات Anhydrides (مثال ذلك ١– فوسفات لمركب ١ ، ٣ ثنائى فوسفوجلسريدات) اينول فوسفات enolphosphates (مثال فينول بيورفات) فوسفوجواندينات (مثال كرياتين فوسفات ، ارجنين فوسفات) .

ويسمح موقع ATP الوسطى ليلعب دور هام فى نقل الطاقة ، ومركبات اخرى هامة بيولوجياً التى تعرف بالمركبات غنية بالطاقة مثل استرات الثيول Thial esters والتى تشتمل Conenzyme A (مثل استيل COA) ، بروتين حامل الاكيل acyl carrier protein واسترات الحمض الامينى التى تدخل فى تكوين البروتين (S- (Active methionine adenosyl methionine ، PRPP (5-phosphoribosyl-1-pyrophosphate) and UDPGLC(uridine diphosphate glucose) ،

ويرمز لمجموعة الفوسفات الغنية الطاقة بالرمز P~

High- Energy phosphates are designated by the symbel P~

لبيان وجود مجموعة فوسفات غنية الطاقة ادخل Lipmann الرمز P~ موضحاً رابطة الفوسفات الغنية بالطاقة ، والرمز يوضح ان المجموعة مرتبطة بالرابطة ، عند النقل الى مستقبل مناسب وينتج نقل كميات كبيرة من الطاقة الحرة، ولهذا السبب فان مصطلح Group transfer potwntial يفضله البعض عن مصطلح high-energy bond وبالتالى فان ATP يحتوى مجموعتين فوسفات غنية الطاقة وبينما ADP يحتوى مجموعة واحدة وبالنسبة لمجموعة الفوسفات فى AMP (ادينوزين مونوفوسفات) هى نوعية فقيرة الطاقة وهى رابطة استر عادية.

مجموعة الفوسفات غنية الطاقة تعمل كعملة طاقة "سيولة" فى الخلية :

High-energy phosphotates act as the " Energy Currency " of the cell :

نتيجة لموضعها (ATP) المتوسط اسفل قائمة الطاقة الحرة القياسية الناتجة من تفاعلات التحليل فان ATP قادرة على ان تعمل كمعطى لمجموعة فوسفات غنية الطاقة للمركبات الاقل منها فى الجدول (القائمة) ، وايضاً تجعل الميكانيكية الانزيمية الضرورية متاحة.

ويمكن للمركب ADP ان يستقب غنية الطاقة لانتاج ATP من المركبات الأعلى من ATP فى القائمة، وبالتالي فإن دورة ATP / ADP cycle تربط العمليات التى تولد او تكون P ~ ولذلك فان ATP تستهلك ويعاد انتاجه باستمرار.

هناك ثلاثة مصادر رئيسية P~ تساهم فى حفظ الطاقة او Energy conservation or capture ،

Oxidative phosphoryation (١)

أكثر مصاد P~ فى الكائنات الهوائية وتأتي الطاقة الحرة لدفع هذه العملية من سلسلة الاكسدة التنفسية فى الميتوكوندريا.

Glycolysis (٢)

تنتج مجموعتين P~ صافية عند انتاج لاكتات من جزئ جلوكوز واحد يتولد فى تفاعلين ينشط بانزيم فوسفوجليسرات كينز وانزيم بيروفات كينيز على الترتيب.

The citric acid cycle (٣)

تتوالد مجموعة واحدة من P~ مباشرة فى الدورة فى خطوة سكنيل ثيوكينز وهناك مجموعة مركبات اخرى :

*- فوسفاجينات Phosphagens تعمل كصورة مخزنة من فوسفات غنية طاقة وهذه تشمل كيرياتين فوسفات وتحدث فى عضلات ومخ الفقاريات Vertebrate.

*- ارجنين فوسفات Arginine phosphate تحدث فى عضلات اللافقاريات in vertebrate.

فى حالة الظروف الفسيولوجية تسمح الفوسفاجينات phosphagens ان تحافظ على تركيزات ATP فى العضلات عند استخدام ATPبسرعة كمصدر للطاقة عند انقباض العضلات ، ومن جهة اخرى عند توفر ATP فان تركيزاته تتوالد وتزيد ليعمل كمخزن للفوسفات غنى الطاقة.

فى العضلات يحدث a creatine phosphate shuttle ويوصف بنقل الفوسفات الغنى الطاقة من الميتوكوندريا الى Sarcolemma ويعمل كمنظم للفوسفات غنى الطاقة. فى myocardium هذا المنظم من الاهمية فى الحماية السريعة التلقائية ضد تأثيرات infarction.

عندما يعمل ATP كمعطى للفوسفات لانتاج هذه المركبات الاقل فى طاقة التحليلات الحرة فان مجموعة الفوسفات تتحول الى واحد من الاقل طاقة كما يلى :

جدول رقم (٨٨): Standard free energy of yhdrolysis of some organophosphates of biochemical inportance

Compound	$\Delta G^{o\prime}$	
	kJ/mol	kcal/mol
Phosphoenolpyruvate	−61.9	−14.8
Carbamoyl phosphate	−51.4	−12.3
1,3-Bisphosphoglycerate (to 3-phosphoglycerate)	−49.3	−11.8
Creatine phosphate	−43.1	−10.3
ATP → ADP + P_i	−30.5	−7.3
ADP → AMP + P_i	−27.6	−6.6
Pyrophosphate	−27.6	−6.6
Glucose 1-phosphate	−20.9	−5.0
Fructose 6-phosphate	−15.9	−3.8
AMP	−14.2	−3.4
Glucose 6-phosphate	−13.8	−3.3
Glycerol 3-phosphate	−9.2	−2.2

ATP يسمح بازدواجية تفاعلات الديناميكية الحرارية غير المفيدة بالتفاعلات المفيدة المطلوبة

ATP allows the coupling of thermodynamically unfavorable reaction to favorable ones.

سبق توضيح ازدواجية التفاعلات فى شكل (١ ، ٣) ، هذه التفاعلات هى البداية فى مسار glycoltic pathways ، حيث فسفرة الجلوكوز الى جلوكوز – ٦ – فوسفات والذى يعتبر تفاعل بنائى جداً highly endergonic ولايمكن استمرار هذا التفاعل كما هو تحت الظروف الفسيولوجية.

(1) Glucose +P1 ⟶ Glucose 6-phosphate + H2O
(ΔG°` = +13.8 KJ/mol)

ولاستمرار التفاعل يجب ان يزدوج بتفاعل آخر More exergonic اكثر من فسفرة الجلوكوز ، هذا التفاعل هو تحليل الفوسفات النهائية فى ATP .

(2) ATP ⟶(Hexo Kinase) ADP + P1
(ΔG°` = -30.5 KJ/mol)

عند ازدواج (١) ، (٢) فى التفاعل ينشطه انزيم hexokinase ، واستمرار فسفرة الجلوكوز فى تفاعل high exergonic تحت الظروف الفسيولوجية بعيد تماماً عن الاتزان وبالتالى يحدث تفاعل عكسى للأغراض التطبيقية ٠

Glucose + ATP ⟶ Glucose 6-phosphate + ADP
(ΔG°` = -16.7 KJ/mol)

ويتبع ذلك تفاعلات تنشيط ٠

أدينيلات كينيز تسمح بتحويل متبادل نيوكلوتيدات الادنين

Adenylate kinase allows interconversion of ademine nucleo tides

يوجد انزيم ادينيلات كنيز (بيوكينز) فى معظم الخلايا وينشط التحويل المتبادل ATP , AMP فى اتجاه ADP فى الاتجاه الآخر.

ATP + AMP ⟶(ادينلات كينز) 2 ADP

هذا التفاعل يسمح بثلاث وظائف :

(١) يسمح باستخدام الفوسفات غنية الطاقة فى ADP لتكوين ATP.

(٢) يسمح باعادة استخدام AMP المتكون نتيجة عدة تفاعلات نشطة تشكل ATP ، باعادة فسفرته الى ADP ٠

(٣) تسمح بزيادة تركيز AMP عند نقص ATP ويعمل كاشارة تمثيلية.

Metabolic or allosteric signal لزيادة معدل تفاعلات الهدم لنمو وتزايد ATP.

متى يتفاعل ATP ليكون AMP ، فوسفور غير عضوى

When ATP reacts to form AMP, inorganic phosphate (PP1) is formed

هذا يحدث مثلاً عند تنشيط الاحماض الدهنية طويلة السلسلة الكربونية.

ATP + COASH + R. COOH ⟶(Acyl-COA synthetase) AMP + PP1 + R-CO-SCOA

يصاحب هذا التفاعل فقط طاقة حرة كحرارة والذي يضمن ويؤكد على اتجاه هذا لتفاعل النشط ناحية اليمين ويساعده أكثر التحليل وانفصال PP1 والذي ينشطه انزيم بيروفوسفاتز غير العضوي وهذا التفاعل (ΔG°` = - 27.6 KJ/mol) هذا التنشيط فى مسار بيوفوسفات ينتج فقد P (٢) اكثر من P (١) الذى يتم عندما يتكون ADP, P_1.

$PP_1 + H_2O \longrightarrow 2\ P_1$

ارتباط هذه التفاعلات تجعل من الممكن للفوسفات ان تعيد تكوينها وتحت تغيرات بنكلوتيدات الادنين.

مشاركة نيوكلوسيدات ترى فوسفات اخرى فى نقل فوسفات غنية الطاقة :

Other nucleoside triphosphates take part in transfer of ligh-energy phosphate.

من الممكن تكوين نيوكلوسيد ترى فوسفات مشابه للـ ATP ولكن يحتوى على قاعدة بديلة للأدينين وذلك من فوسفات ثنائى الفوسفات لها باستخدام انزيم نيوكلوسيد دى فوسفات كينز :

ATP + UDP ⟶(Nucleoside diphosphate Kinase) ADP + UTP
(Uridine triphosphate)

$$ATP + GDP \xrightarrow[\textbf{Kinase}]{\textbf{Nucleoside diphosphate}} ADP + GTP$$

(Guanosine triphosphate)

$$ATP + CDP \xrightarrow[\textbf{Kinase}]{\textbf{Nucleoside diphosphate}} ADP + CTP$$

(Cytidine triphosphate)

جميع هذه الفوسفات الثلاثية تشارك فى عمليات الفسفرة فى الخلية ٠ وكما سبق فان انزيم نيكلوسيد مونوفوسفات كينيز المختص لكل نيكلوسيد سواء بيورين او بريمدين ينشط تكوين نيكلوسيد دى فوسفات من مونوفوسفات المطابق له.

$$ATP + Nucleoside - P \xrightarrow[\textbf{Monophosphate kinase}]{\textbf{Spesific nucleoside}} ADP + Nucleoside - (P) \sim (P)$$

*- ادنيلات كينيز متخصص للمونوفوسفات كينيز.

Biologic Oxidation الاكسدة البيولوجيه

Introduction : مقدمه

تعرف عملية الاكسدة كيميائياً بأنها عملية ازالة الالكترونات ، بينما عملية الاختزال هى اكتساب الالكترونات ، مثال ذلك اكسدة ايون الحديدوز الى ايون الحديديك.

$$Fe^{2+} \xrightarrow{e^- \text{(electron)}} Fe^{3+}$$

ودائماً تتبع عملية الاكسدة بعملية الاختزال لمستقبل الالكترون ، وهذه اساسيات عمليات الاكسدة والاختزال وتتم بالتساوى فى انظمة الكيمياء الحيوية وتعتبر مفهوم هام وضرورى لفهم طبيعة الاكسدة البيولوجية ، وبفضل مشاركة العديد من الاكسدة البيولوجية بدون اشتراك جزئى الاكسجين مثل عمليات الهيدرجة.

الأهمية الطبية الحيوية : Biomedical importance

رغماً عن بكتريا معينة (لاهوائيه) تعيش فى غياب الاكسجين ، الا ان حياة الحيوانات الراقية تعتمد مطلقاً على وجود الاكسجين ، والاستخدام الاساسى للأكسجين فى عملية التنفس والتى يمكن تعريفها بأنها عملية دفع طاقة للخلايا فى صورة ATP من التفاعل المحكم والمضبوط للهيدروجين مع الاكسجين لانتاج ماء ، بالاضافة الى ان الاكسجين الجزئى يرتبط مع العديد من المواد بالانزيمات والتى تعرف اوكسيجينيز Oxygenases عديد من الادوية وملوثات البيئة والكيماويات المسرطنه (Chemical carcinogens (xenobiotics يتم تمثيلها بواسطة الانزيمات تحت قسم Oxygenases وتعرف بنظام Cytochrome P – ISO System.

واستخدام الاكسجين كمنقذ للحياه فى حالة معالجة الامراض التنفسية او فشل الدورة الدموية وبالمناسبة فاستخدام او منح الاكسجين تحت ضغط عالى (Hyperbaric qxygen therapy) له قيمة عالية رغم انه قد ينتج عن ذلك تسمم بالاكسجين.

فى انظمة الاكسدة والاختزال ممكن ان يطلق على تغيرات الطاقة الحرة لفظ جهد الاكسدة والاختزال:

In redox systems free energy changes can be expressed in terms of redox potential .

فى التفاعلات التى تتضمن عمليات الاكسدة والاختزال تتناسب تبادل الطاقة الحرة مع ميل المواد المتفاعلة لتعطى او تستقبل الالكترونات ، بالاضافة الى التعبير عن تغير الطاقة الحره بالرمز $\Delta G^{0`}$ فمن الممكن بطريقة مشابهة ان يعبر عنها رقمياً بجهد الاكسدة والاختزال.

Oxidation – reduction or redox potential (Eo`).

وعادة يتم مقارنة جهد الاكسدة والاختزال للنظام .redox potential of a system (Eo) مقابل جهد الكترود الهيدروجين Potential of the hydrogen electrode حيث عند درجة PHO يرمز له 0.0 volts ، ومع ذلك فان الانظمة البيولوجية عادة تعبر جهد الاكسدة والاختزال (`The redox potential (Eo عند درجة pH ٧.٠ حيث pH جهد الاكترود لاكترود الهيدروجين –٠.٤٢ فولت.

جهد الاكسدة والاختزال The redox potentials لبعض انظمة redox system المميزة فى الكيمياء الحيوية للثدييات موجود ومعروض فى الجدول التالى ، وقائمة جهد الاكسدة والاختزال الموجودة بالجدول تسمح بالتنبوء على اتجاه تدفق الالكترونات من أحد redox couple لأخر :

Some redox potentials of special interest in mammalian oxidation systems :(٨٩) جدول رقم

System	E_o volts
Sucinate; α-Ketoglutarate	- 0.67
H^+ / H_2	- 0.42
NAD / NADH	- 0.32
Lipoate; ox/red	- 0.29
Acetoacetate / B-hydroxybutyrate	- 0.27
Pyruvate / lactate	- 0.19
Oxaloacelate / malate	- 0.17
Flavoprotein – old yellow enzyme; ox/red	- 0.12
Fumarate / succinate	+ 0.03
Cyrochrome b; Fe^{3+} / Fe^{2+}	+ 0.08
Ubiquinone; ox/red	+ 0.10
Cyrochrome c; Fe^{3+} / Fe^{2+}	+ 0.22
Cyrochrome a; Fe^{3+} / Fe^{2+}	+ 0.29
Oxygen/water	+ 0.82

تعرف الانزيمات المتضمنة فى الاكسدة والاختزال بالمصطلح او اكسيدوردكتيز

Enzyme involved in oxidation of rreduction are designated oxidoreductases

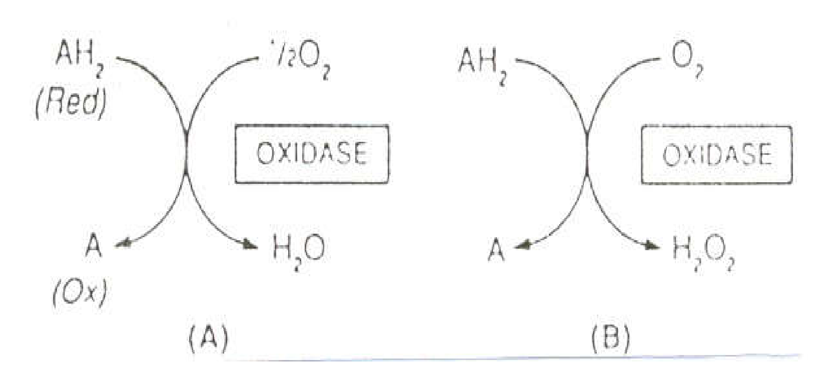
تقسم انزيمات اكسيدوردكتيز الى اربعة اقسام :

اكسيديز (Oxidases) – ديهيدروجينيز (dehydrogenases) – هيدروبيروكسيديز (hydro peroidases) – اوكسجينز (oxygenases).

انزيمات الاوكسديدز تستخدم الاوكسجين كمستقبل للهيدروجين

Oxidases use oxygen as a hydrogen acceptor

انزيمات الاوكسيديز تعمل وتنشط ازالة الهيدروجين من المادة باستخدام الاكسجين كمستقبل للهيدروجين (فى بعض الاحيان يستخدم مصطلح Oxidases ليشمل جميع الانزيمات التى تدخل وتعمل فى التفاعلات المحتوية Molecular oxygen ، وهذه الانزيمات تكون ماء او بيروكسيد الايدروجين كناتج للتفاعل.



شكل رقم (٥٤): Oxidation of a metabolite catalyzed by an oxidase (a) forming H_2O. (b) forming H_2O_2

بعض انزيمات اكسيديز تحتوى على النحاس : Some oxidases contain copper

انزيم سيتوكروم اوكسيديز عبارة عن هيم بروتين Hemoprotein وتنتشر بتوسع كبير فى العديد من النباتات وانسجة الحيوانات ، وهى مكون نهائى لسلسلة حوامل تنفسيه موجودة فى الميتوكوندريا وبالتالى فهى مسئولة عن التفاعل المختص بانتاج الالكترونات من اكسدة جزيئات المادة بانزيمات الديهيدروجينيز والتى تنتقل حتى مستقبلها النهائى (الاكسجين) ، ويتسمم الانزيم بالكربون مونواكسيد ، السيانيد ، وسلفيد الهيدروجين.

ومن الممكن تسميته Cytochrome a_3 ، ويفترض ان انزيم سيتوكروم a وسيتوكروم a_3 هى مركبات منفصلة حيث كل منها لها adistinct spectrum وخواص مختلفة من حيث تأثير كربون مونواكسيد والسيانيد ، واظهرت الدراسات الحديثة أن 2 cytochromes يرتبطان فى نفس البروتين وهذا المعقد يعرف cytochrome a a_3 وهى تحتوى على جزئين من الهيم Heme كل واحد يحتوى ذرة حديد واحدة تتذبذب o scillates بين Fe^{3+} , Fe^{3+} خلال الاكسدة والاختزال ، كذلك توجد ذرتين من النحاس كل واحدة تشارك مع وحدة الهيم.

انزيم فينوليز : Phenolase

(تيروزينيز – بولى فينول اكسيديز – كاتيكول اوكسيديز) عبارة عن انزيم يحتوى على النحاس broad specificity ، والانزيم قادر على تحويل monophenols أو o-diphenols الى O-quinones وتوجد العديد من الانزيمات الاخرى تحتوى على نحاس.

الانزيمات الاخرى عبارة عن فلافوبروتينات : Other oxidases are flavoprotiens

تحتوى انزيمات الفلافوبروتينات على فلافين مونونيوكلويتد (FMN) او فلافين ادنين دى نيوكلوتيد (FAD) as prosthetic groups ، وهذه المركبات نتيجتها الجسم من فيتامين B_2 الريبوفلافين.

وعادة FMN ، FAD مرتبطه جداً مع بروتين ابو انزيم لها apoenzyme protein تحتوى العديد من انزيمات الفلافوبروتين على واحد او اكثر من المعادن كعوامل اساسية وتعرف ميتالوفلافوبروتين metallo flavoproteins ، وانزيمات هذه المجموعة من الاكسيديز تشمل L-amino acid oxidase.

توجد FMN-linked enzyme فى الكلية وتختص عامة بالاكسدة وازالة مجموعة الامين oxidative deamination التى تحدث طبيعياً للأحماض الامينية من نوعية (.L) .

شكل رقم (٥٥): Oxidation of a metabolite catalyzed by dehydrogenises, not involving a respiratory chain

Xanthine oxidase :

ينتشر بتوسع وخاصة فى اللبن والامعاء الدقيقة والكلية والكبد ، ويحتوى على الموليبدنيوم ويلعب دور مهم فى تحويل قاعدة البيورين الى حمض يوريك ، وهذا له اهمية معنوية عالية فى كبد وكلية الطيور حيث تفرز حمض اليوريك كمنتج تمثيلى نهائى اساس ليس فقط فى ميتابوليزم البيورين ولكن ايضاً فى هدم البروتين والاحماض الامينية.

Aldehyde dehydrogenase :

عبارة عن انزيم مرتبط FAD (FAD – linked enzyme) وموجود فى كبد الثدييات ، وهو ميتالوفلابروتين يحتوى موليبيدينوم وحديد من غيرهم non heme iron ويعمل على الالدهيدات والمواد N-hetero cyclic substrates . وهذا مفيد لاستخدامه فى تقدير الجلوكوز اكسيديز FAD – specific enzyme ويحضر من الفطريات.

وميكانيكية الاكسدة والاختزال لهذه الانزيمات معقدة ، ومع ذلك أدلة اختزال حلقة isoalloxazine تشارك فى خطوتين خلال مركب وسطى Semi quinine (free radical) .

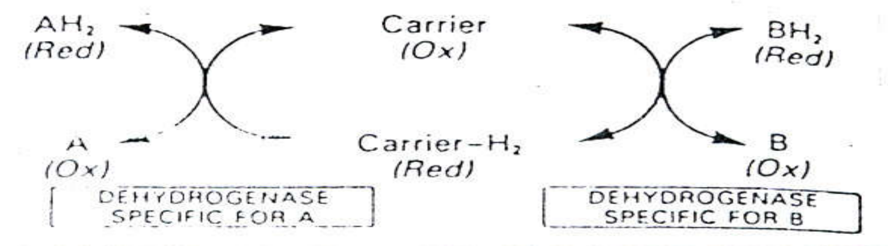
شكل رقم (٥٦): Reduction of isoalloxazine ring in flavin nucleotides

انزيمات الهيدريوجينيز لاتستخدم الاوكسجين كمستقبل للهيدروجين :

Dehydrogenases cannot use oxygen as a hydrogen acceptor

يوجد عدد كبير من الانزيمات فى هذا القسم ، وتؤدى تلك الانزيمات وظيفتين اساسيتين :

(أ) نقل الهيدروجين من أحد substrate الى آخر فى تفاعل مزدوج للأكسدة والاختزال.



شكل رقم (٥٧): Oxidation of a metabolite catalyzed by dehydrogenises, not involving a respiratory chain

هذه الانزيمات الديهيدروجيميز متخصصه للمواد التى تعمل عليها their substrates ولكن تستخدم غالباً نفس قرين الانزيم Co enzyme او حامل للهيدروجين hydrogen carrier مثل باقى الهيدروجينيز ، وكما ان التفاعلات عكسية فان هذه الخواص تمكن المكافئات المختزلة للنقل الحر خلال الخلية ، هذه النوعية من التفاعل التى تجعل المادة substrate تتأكسد على حساب الاخرى وهذا عامة مفيد فى جعل امكانية حدوث عمليات الاكسدة فى غياب الاكسجين.

(٢) نقل مركبات فى سلسلة الألكترونات التنفسية من المادة الى الاكسجين.

DEHYDROGENASE DEHYDROGENASE DEHYDROGENASE OXIDASE

AH_2 (Red) — Carrier 1 (Ox) — Carrier-H_2 2 (Red) — Carrier 3 (Ox) — H_2O

A (Ox) — Carrier-H_2 1 (Red) — Carrier 2 (Ox) — Carrier-H_2 3 (Red) — ½ O_2

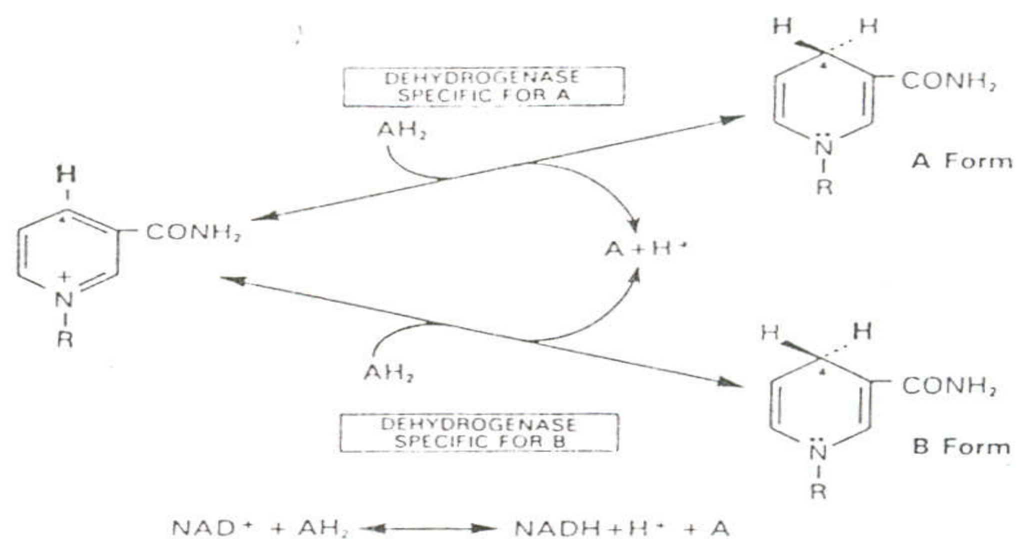
شكل رقم (٥٨): Oxidation of a metabolite by dehydrogenises and finally by an oxidase in a respiratory chain

بعض انزيملات الديهيدروجينيز تعتمد على قرائن انزيمات بنكوتيناميد :

Some dehydrogenases are dependent on nicotinamide co enzymes

عدد كبير من انزيمات الديهيدروجينيز تقع تحت هذه النوعية من الانزيمات ، وهى متخصصة لكل من ينكوتيناميد ادينين دى نيكلوتيد (NAD^+) او نيكوتيناميد ادنين دى نيكلوتيد فوسفات ($NADP^+$) كقرائن انزيمات.

ومع ذلك فان بعض انزيمات الديهيدروجينز يمكنها استخدام اى من NAD^+ او $NADP^+$ وينتج هذان القرائن الانزيمات فى الجسم من فيتامين النياسين ، وهذان القرينان يختزلا بـThe specific substrats للهيدروجينيز ويعاد اكسدتهما بمستقبل الكترونات مناسب ، كما انهما The may freely and reversibly discociats from their respective apoenzyme .



شكل رقم (٥٩): Mechanism of oxidation and reduction of nicotinamide coenzyme. There isstereospecificity about position 4 of nicotinamide when it is reduced by a substrate AH_2. One of the hydrogen atoms is removed from the substrate as a hydrogen nucleus with 2 electrons (hydride ion, H^-) and and is transterred to the 4 position, where it may be attached in either the A or the B position according to the specificity determined by the particular dehydrogenase catalyzing the reaction. The remaining hydrogen of the hydrogen pair removed from the substrate remains free as a hydrogen ion.

انزيمات الديهيدروجينيز المرتبط بـ NAD ينشط تفاعلات الاكسدة والاختزال فى مسارات الاكسدة فى التمثيل الغذائى وخاصة فى دورة الجليكوليسيس Glycolysis وفى دورة حمض الستريك وفى السلسلة التنفسية للميتوكوندريا.

وتوجد انزيمات الديهيدروجينيز المرتبطة بـ NADP بصفة خاصة فى عمليات الاختزال reductive syntheses فى المسارات الزائدة للميتوكوندريا لتكوين الاحماض الدهنية والأستيرولات. وتوجد أيضاً كقرائن لانزيمات الديهيدروجينيز فى دورة النبتوزفوسفات ، وتوجد بعض الانزيمات التى تعتمد على نيكوتيناميد قرائن انزيمات الديهيدروجينيز تحتوى على الزنك مثل alcohol dehyrogenases فى الكبد ، وايضاً جلسرالدهيد – ٣ – فوسفات ديهيدروجينيز فى العضلات. ولايمكن اعتبار مشاركة ايونات الزنك فى الاكسدة والاختزال.

بعض انزيمات الديهيدروجينيز تعتمد على الريبوفلافين :

Other dehydrogenases are dependent on ribo flavin

تتشابه مجموعات الفلافين المرتبطة بهذه انزيمات الديهيدروجينيز مجموعات FAD ، FMN الموجودة فى انزيمات الاكسيديز ، وهى عامة ترتبط بشدة بالابوانزيمات الخاصة بها apoenzymes their اكثر من قرائن الانزيمات النيكوتيناميد.

معظم انزيمات الديهيدروجينيز المرتبطة بالريبوفلافين تختص بنقل الالكترونات فى او الى السلسلة التنفسية ، ويعمل ديهيدروجينيز NAD^+ وهو احد افراد السلسلة التنفسية كحامل للألكترونات بين NADH والمركبات الاكثر الكترونات موجبه ، وانزيمات الديهيدروجينيز الاخرى مثل :

Succinat dehydrogenase, acyl-CoA dehydrogenase, and mitochondrial glycerol-3-phosphate dehydroganese .

تنتقل المكافئات المختزلة reducing equivalents مباشرة من المادة Substrate الى السلسلة التنفسية respiratory chain ودور اخر لانزيمات الديهيدروجينيز المعتمدة على الفلافين عملية الهيدرجه (بواسطة دى هيدروليبويل ديهيدروجينيز Dihydrolipoyl dehydrogenase) لليبوات المختزل reduced lipoate كمركب وسطى فى the oxidative decarboxylation للبيروفات ، الفاكيتوجلوتارات ، فى هذه الحالات الخاصة لقلة جهد الاكسدة والاختزال تلعب الفلافوبروتين (FAD) كحامل للهيدروجين من الليبوات المختزل الى NAD والفلافوبرتين الناقل للألكترونات Electron-transfering flavoprotein مركب وسطى حامل للألكترونات بين acyl-COA dehydrogenase والسلسلة التنفسية.

ممكن اعتبار السيتكرومات كانزيمات الديهيدروجينز :

Cytrochromes may also be regarded as dehydrogenases

باستثناء السيتوكروم اكسيديز تدرج السيتوكرومات كانزيمات الديهيدروجينيز والتعرف عليها ودراستها ممكن بوجودها فى الحالة المختزلة لروابط الامتصاص التى تختفى عند الاكسدة ، والسيتكرومات تعمل فى السلسلة التنفسية كحامل الكترونات من الفلافوبروتينات فى احد الاتجاهات الى السيتكروم اكسيديز فى الاتجاه الاخر والسيتكرومات عبارة عن Iron-containing hemoproteins حيث ذرة الحديد تذبذب oscillates بين Fe^{2+} ، Fe^{3+} خلال الاكسدة والاختزال ، والعديد من السيتوكرومات المعروفة توجد فى السلسلة التنفسية مثل سيتكرومات b,c,c,a and a_3 (سيتكروم اكسيديز) ، ومنها سيتكروم C ذائب ، وبجانب السلسلة التنفسية توجد السيتكرومات فى اماكن اخرى مثل (cytochromes p. 450 and B_3) اندوبلازم الشبكية فى معدة المجترات The endoplasmic reticulum والخلايا النباتية والبكتريا والخمائر.

انزيمات الهيدروبيروكسيديز تستخدم هيدروجين بيروكسيد او بيروكسيد عضوى substate :

Hydroperoxidases use hydrogen peroxide or an organic peroxide as substrate

نوعية من الانزيمات تقع تحت نوعية انزيمات البيروكسيديز ، كتاليز ، وتوجد كلاهما فى الحيوانات والنبات ، انزيمات الهيدروبيروكسيديز تحمى الجسم ضد البيروكسيدات الضارة كما ان تراكم البدوكسيدات تؤدى الى توالد الأصول الحرة free radicals وبالتالى تلف او تمزق الاغشية disrupt membranes وقد تؤدى الى السرطان وتصلب الشرايين.

انزيمات البيروكسيديز تختزل البيروكسيدات باستخدام مواد عديدة كمستقبل الكترونات :

Peroxidases reduce peroxides using several substances as electron acceptor

بالرغم من ان انزيمات البيروكسيديز تعتبر فى الاصل انزيمات نباتية الا انها وجدت فى اللبن وفى كريات الدم البيضاء Leukocytes وفى الصفائح الدموية platelets وانسجة اخرى تشمل على ميتابوليزم eicosanoid والبروتوهيم Protoheme هى The prosthetic group حيث على غير الحال فى معظم hemoprotiens ، فهى ترتبط ارتباط ضعيف فقط مع ابوبروتين The apoprotein.

فى التفاعل الذى يحفزه البيروكسيديز ، يختزل الهيدروجين بيروكسيد على حساب عديد فى المواد التى تعمل كمستقبلات للألكترونات مثل الاسكوربات والكنيونات quinones والسيتكروم C وهذا التفاعل الذى يحفزه البيروكسيديز معقد والتفاعل عامة كما يلى :

$$H_2O + AH_2 \xrightarrow{\text{PEROXIDASE}} 2\ H_2O + A$$

وفى كرات الدم الحمراء erythrocytes وانسجة اخرى يحتوى انزيم جلوتاثيون بيروكسيديز السلنيوم كـ Prosthetic group ويحفز هدم بيروكسيد destruction of H2O2 ، Lipid hydroperoxides باختزال الجلوتاثيون ويحمى دهون الغشاء membrane lipids والهيموجلوبين ضد الاكسدة بواسطة البيروكسيدات.

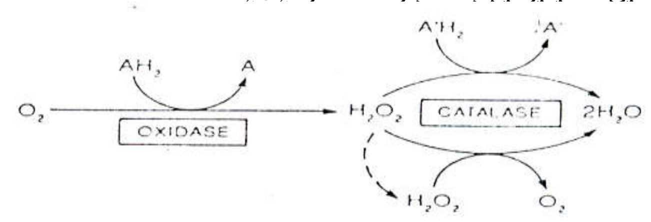
انزيمات الكتاليز يستخدم هيدروجين بيروكسيد كمعطى الالكترونات ومستقبل لها :

Catalase uses hydrogen peroxide as electron doner and electron acceptor

انزيمات الكتاليز عبارة عن هيموبروتين hemoprotein يحتوى اربعة مجموعات هيم heme بالاضافة الى عملية تنشيط البيروكسيديز فهى قادرة لاستخدام جزئى واحد من البيروكسيد H_2O_2 كمعطى للألكترونات substrate electron donor والجزئى الآخر من البيروكسيديز H_2O_2 كمؤكسد او مستقبل الكترونات oxidant or electron acceptor ، وفى معظم الاحوال Invivo فان The peroxidase activity of catalase ممكن توفيره to be favered .

$$2H_2O_2 \xrightarrow{CATALASE} 2H_2O + O_2$$

يوجد الكتاليز فى الدم ، bone marrow ، الاغشية المخاطية mucous membranes والكلية والكبد ودورها وتأثيرها يفترض انها لهدم هيدروجين بيروكسيد الناتج من تأثير انزيمات الاكسيديز ، وتوجد الميكروبوديز الاجسام الصغيره او البيروكسيسوم microbodies or peroxisomes فى كثير الانسجة منها الكبد ، وهى غنية فى انزيمات الاكسيديز وفى الكتاليز ويقترح وجود مميزات حيوية فى مجموعة او تجميع الانزيمات التى تنتج H_2O_2 مع الانزيمات التى تهدم بها ، بالاضافة الى انزيمات The peroxisomal enzymes وكذلك mitochondrial and microsomal electron transport systems مثل زانثين اكسيديز يجب اعتبارها مصدر H_2O_2 .



شكل رقم (٦٠): Role of catalase in the destruction of hydrogen peroxide

انزيمات الاكسجينيز يحفز النقل المباشر وتربط الاكسجين بجزئى المادة substrate :

Oxygenases catalyze the direct transfer and incorporation of oxygen into a substrats molecule

انزيمات الاكسجينيز تختص بتكوين اوتكسير عديد من الانواع المختلفة للمركبات التمثيلية metabolites اكثر من المشاركة فى تفاعلات هدفها تدبير احتياطى الطاقة Provision فى الخلية. انزيمات هذه المجموعة تحفز ربط الاكسجين فى جزئى الـ substrate ، وهذه تتم فى خطوتين :

(١) ربط الاوكسجين الى الانزيم فى مكان نشط The active site .

(٢) التفاعل يتم باختزال الاوكسجين المربوط او النقل الى substrate .

وتقسم انزيمات الاكسيجيز الى مجموعتين :

انزيمات دى اكسجنيز (اكسى ترانس فيريز ، واكسجينيز الحقيقية) يربط كل من ذرات الاكسجين الى الـ substrate :

Dioxy genases (oxygen transferases, True oxygenases) Incorporate both oxygen atoms into the substrate

التفاعل الرئيسى :

$$A + O_2 \longrightarrow AO_2$$

وأمثلة هذه النوعية من الانزيمات التى تحتوى على حديد مثل هوموجبنتيسات دى اكسيجينيز homogentisate dioxygenese ، ٣-هيدرواكسانثرانيلات دى اكسجينيز 3-hydroxyanthranilate dioxygenase من حزء السائل العلوى من الكبد the supervatant fraction of the liver . وتستخدم الانزيمات الهيم Heme مثل L-tryptophan dioxygenase من الكبد.

انزيمات مونواكسجينيز (تأثير مخلوط اكسيديز وهيدروكسيلز) تربط فقط درة واحدة من الاكسجين الى substrate :

Monooxygenases (mixed-function oxidases, hydroxylases) incorporate only one atom of oxygen into the substrate

تختزل ذرة الاوكسيجن الاخرى الى ماء ، بالاضافة الى انها معطى للأكترونات او cosubstrate وهذه ضرورة لهذا الغرض .

$$A - H + O_2 + ZH_2 \longrightarrow A\text{-}OH + H_2O + Z$$

انظمة ميكروسومال سيتكروم P – 450 مونو اكسيجينيز هامة جداً لهيدروكسله عديد من الادوية :

Microsomal cytochrome P-450 mono oxygenase systems are important for the hydroxylation of many drugs

هذه المونواكسجينيز موجودة فى الميكروسومات الكبد مع سيتكروم P – 450 وسيتكروم b_5 ، كل من NADPH , NADH يعطى مكافئات اختزاليه لاختزال هذه السيتوكرومات والتى بالتالى تتأكسد بواسطة substrates .

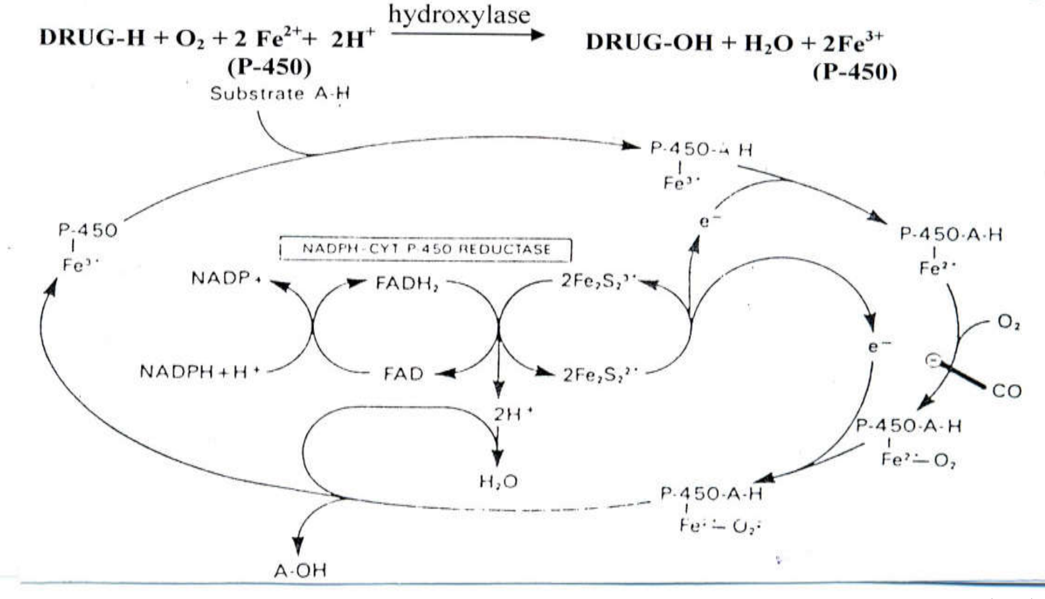
CN⁻
NADH → Flavoprotein₂ → Cyt b₅ → Stearyl-CoA Desaturase
Amine oxidase, etc ← Flavoprotein₁
NADPH → Flavoprotein₁ → Cyt P-450 → Hydroxylation
Lipid peroxidation
Heme oxygenase

شكل رقم (٦١): Electron transport chain in microsomes. Cyanide (CN) inhibits the indicated step

فى سلسلة تفاعلات انزيمية تعرف The hydroxylases cycle

$$\mathbf{DRUG\text{-}H + O_2 + 2\,Fe^{2+} + 2H^+ \xrightarrow{\text{hydroxylase}} DRUG\text{-}OH + H_2O + 2Fe^{3+}}$$

(P-450) **(P-450)**



شكل رقم (٦٢): Cytochrome P.450 hydroxylase cycle in microsomes. The system shown typical of steroid hydroxylases of the adrenal cortex. Liver microsomal cytochrome P.450 hydroxylase does not require the iron-sulfur protein Fe_2S_2. Carbon monoxide (CO) inhibits the indicated step.

من خلال الادوية التى تمثل بواسطة هذا النظام :

Benzpyrene, aminopyrine , aniline , morphine and benz phetamine.

كثير من الادوية مثل Phenobarbital لها القدرة على انتاج انزيمات الميكروسومال والسيتوكروم P-450 .

انظمة الميتوكوندريا سيتكروم P-450 مونو اوكسجينيز يحفز هيدروكسلة الأستيرويدات :

Mitochondrial cytochrome P-450 monooxygenase systems catalyze steroidal hydroxylations

هذه الانظمـة موجـودة فـى الانـسجة الاسـيتروجتيك مثـل قـشرة الادرينـال adrenal cortex والخـصيه testis ، المبـيض ovary والمـشيمة placanta وهـى تخـتص بتكـوين هرمونـات الاسـتيرويدات Steriod hormones مـن الكوليـسترول (هيدروكسيله فى C_2O ، C_{22} عند كسر السلسلة الجانبيه عند 11 B and 18 positions ، ١١ بيتا ، ١٨ موضع).

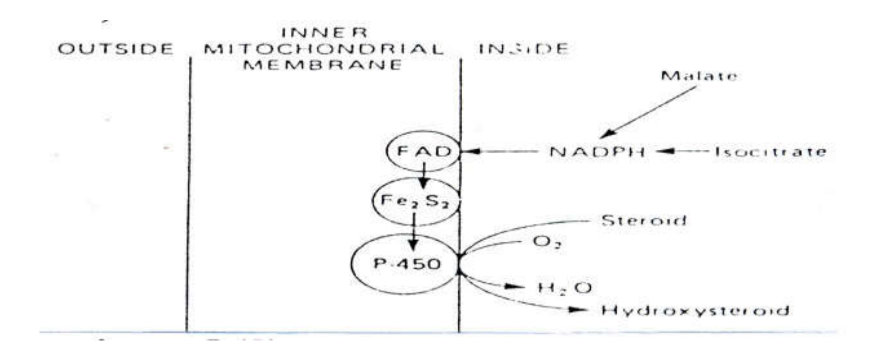
كما ان انظمـة الكليـة Renal systems يحفز 1 α – and 24 – hydroxylation of 25-hydroxy cholecalciferol.

*– فى الكبد يحفز 26 hydroxylation in bile acid biosynthesis .

*– فى قشرة الادرينال ، ميتوكوندريال سيتكروم P-450 يكون ستة مرات اكثر من السيتوكرومات للسلسة التنفسية.

*– نظام مونو اكسجينيز يتكون من ثلاث مركبات موضوعة فى داخل الغشاء الداخلى للميتوكوندريا.

- NAD – specific FAD containing flavoprotein .
- Fe_2 S_2 protein (adrenodoxin).
- Cytochrome P-450 .



شكل رقم (٦٣): Mitochondrial cytochrome P.450 monooxygenase system Fe2S2. iron-sulfur protein (adrenodoxin) not that because NADP(H) cannot penetrate the mitochondrial membrane. Sources of reducing equivalents are confined to substrates such as malate and isocitrate for which there are intramitochondrial NADP. Specilic dehydrogenases

السوبر اكسيد الأصول الحرة قد تسبب سمية الاوكسجين :

The superoxide free radical may account for oxygen toxicity

الاكسجين مادة سامة ، هذه السمية تعزى الى تكوين H_2O_2 وحديثاً الحالة التى يمكن ان يختزل الاكسجين فى الانسجة الى انيون سوبر اكسيد الأصول الحرة($O`_2$) The superoxide anion free radical وايضاً وجود superoxide dismutase فى الكائنات الهوائية (رغماً عدم الظروف اللاهوائية الاجبارية) يقترح ان سيمة الاكسجين ترجع الى تحويله الى سوبر اكسيد ، ومع ذلك لا يوجد ادلة مباشرة لسمية السوبر اكسيد.

ويتكون السوبر اكسيد عند اختزال الفلافينات الموجودة مثال فى الزاثين اكسيديز يعاد الأكسدة احادية التكافؤ univaletly بالاكسجين الجزئـى ، وممكـن تتكـون خـلال اكسدة احـادى التكـافؤ univalent oxidations مـع الاوكـسجين الجزئـى molecular oxygen فى السلسلة التنفسية.

$$\mathbf{Enzh_2 + O_2 \longrightarrow Enzh + O`_2 + H^+}$$

السوبر اكسيد ممكن يختزل السيتكروم C .

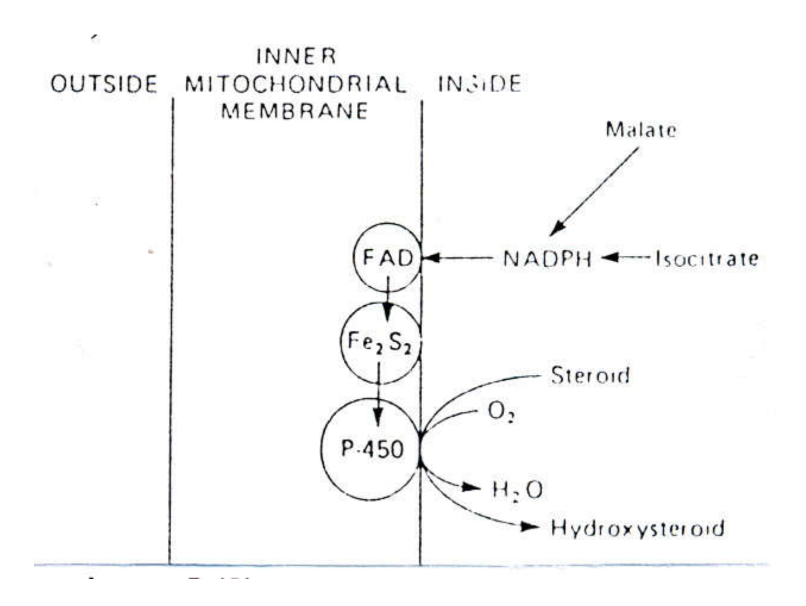
$$\mathbf{O`_2 + Cyt\ c\ (Fe^{3+}) \longrightarrow O_2 + Cyt\ c\ (Fe^{2+})}$$

او يزال بوجود الانزيم المختص بسوبر اكسيد ديسميتيز .

Superoxide
Dismutase

$$\mathbf{O`_2 + O`_2 + 2\ H^+ \longrightarrow H_2O_2 + O_2}$$

فى هذا التفاعل يعمل السوبر اكسيد كعامل مؤكسد وايضاً عامل مختزل ، وتوضـح التأثيرات الكيماويـة للسوبر اكسيد فـى الانسجة بسلسلة تفاعلات الأصول الحرةFree-redical chain reactions وهى تفترض ان $O`_2$ المرتبطـة بالسيتكروم P-450 مركب وسطى فى تنشيط الاكسجين فى تفاعلات الهيدروكسلة hydroxylation .



شكل رقم (٦٤): Mitochondrial cytochrome P.450 monooxygenase system Fe2S2. iron-sulfur protein (adrenodoxin) not that because NADP(H) cannot penetrate the mitochondrial membrane. Sources of reducing equivalents are confined to substrates such as malate and isocitrate for which there are intramitochondrial NADP. Specilic dehydrogenases

تأثير superoxide dismutase قد يكون حماية الكائنات الهوائية ضد التأثيرات السلبية للسوبربيروكسيد ، ويوجد الانزيم فى كثير من المركبات والتراكيبات المختلفة فى الخلية ، ويتركب The cytosolic enzyme من وحدتين متماثلتين كل واحدة تحتوى على مكافئ واحد من Cu^{2-} ، Zn^{2-} ، بينما انزيمات الميتوكوندريا تحتوى على Mn^{2-} مثل الانزيم الموجود فى البكتريا ٠

وهــذا يؤكــد الافتــراض أن الميتوكونــدريا تتطــور مــن Prokaryote التــى تــدخل بالتكافــل symbiosis مــع Protoceukaryote .

يوجد انزيم The dismutase فى جميع الانسجة الهوائية الكبرى ، رغم تعريض الحيوانات لجو يحتوى ١٠٠% اكسجين بسبب اقلمة زائدة للأنزيم ، خاصة فى الرئتين ، والتعرض الطويل يؤدى لتدمير وتلف الرئة والوفاة ، وتعمل مضادات الاكسدة مثل الفاتوكوفيرول (فيتامين هـ) كعامل انقاذ من الأصول الحرة مثل O_2^- وتقلل سمية الاكسجين ٠

٤ نقاط رئيسية توجز الاكسدة البيولوجية :

4- major pointe summarize biologic oxidation

١- فى الانظمة البيولوجية مثل الانظمة الكيماوية لابد ودائماً تصاحب الاكسدة (فقد الكترونات) الاختزال (مستقبل الكترونات) ٠

٢- Oxidoreductases تقسم الى ٤ مجموعات :

Oxidases, dehydrogenases, hydroperoxidases and oxyenases.

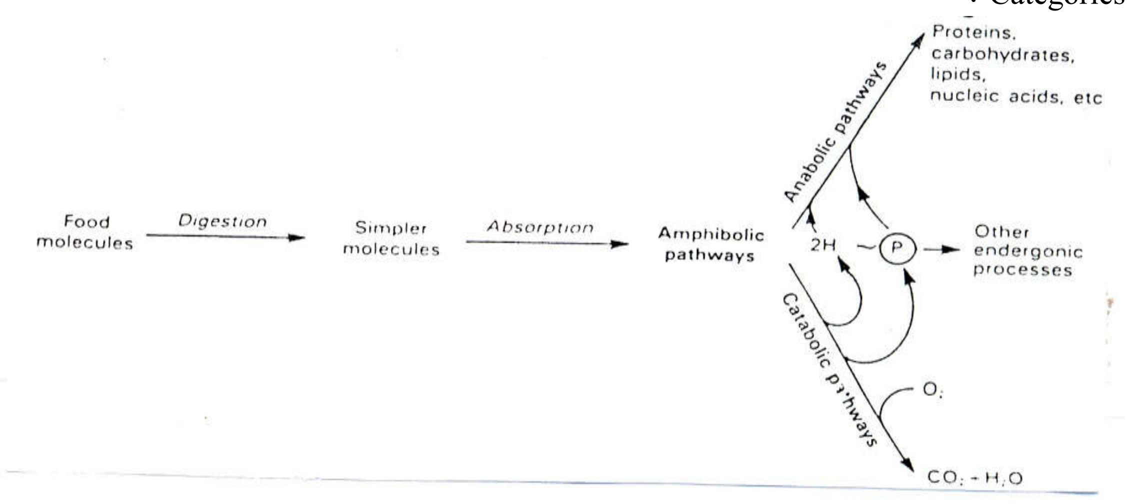
٣- انزيمات الاوكسيديز والهيدروجينيز لها ادوار متنوعة فى التمثيل الغذائى وكلاهما يلعب دوراً هاماً فى عملية التنفس٠

٤- انزيمات الهيدروبيروكسيديز تحمى الجسم ضد التلف بالأصول الحرة وانزيمات اكسجينيز وسيط فى تفاعلات الهيدروكسلة للأدوية ٠

رؤية فى ميتابوليزم المركبات الوسطية
Overview of intermediary metabolism

مقدمة : Introduction

مصير مكونات الغذاء بعد عليات الهضم والامتصاص تكوين مركبات تمثيل وسطية intermediary metabolism ، وتشمل encopasses مدى او مجال واسع ليس فقط البحث فى وصف مسارات التمثيل للجزيئات منفردة با ايضاً محاولات لفهم علاقتها وميكانيكية تنظيم تدفق المواد الممثلة خلال المسارات المختلفة ، وتقع مسارات التمثيل فى ثلاث نماذج : Categories



شكل رقم (٦٥)

(١) مسارات البناء : Anabolic pathways

وتتضمن تكوين المركبات فى الجسم سواء فى تركيبة او حركته ومنها تكوين البروتين والطاقة الحرة اللازمة لهذه العمليات والتى تأتى من النموذج او المسار التالى ٠

(٢) مسارات الهدم : Catabolic pathways

وتشمل عمليات الاكسدة التى تطلق طاقة حرة فى صورة فوسفات عالى الطاقة او مكافئات الاختزال ، مثل السلسلة التنفسية والاكسدة الفوسفورية ٠

(٣) مسارات امفيبوليه : Amphibolic pathways

لها اكثر من تأثير واحد وتحدث فى مسارات فرعية متقاطعة مع المسارات الرئيسية للتمثيل وتعمل كرابط بين المسارات البناء والهدم مثل دورة حمض الستريك ٠

الاهمية الطبية الحيوية : Biomedical importance

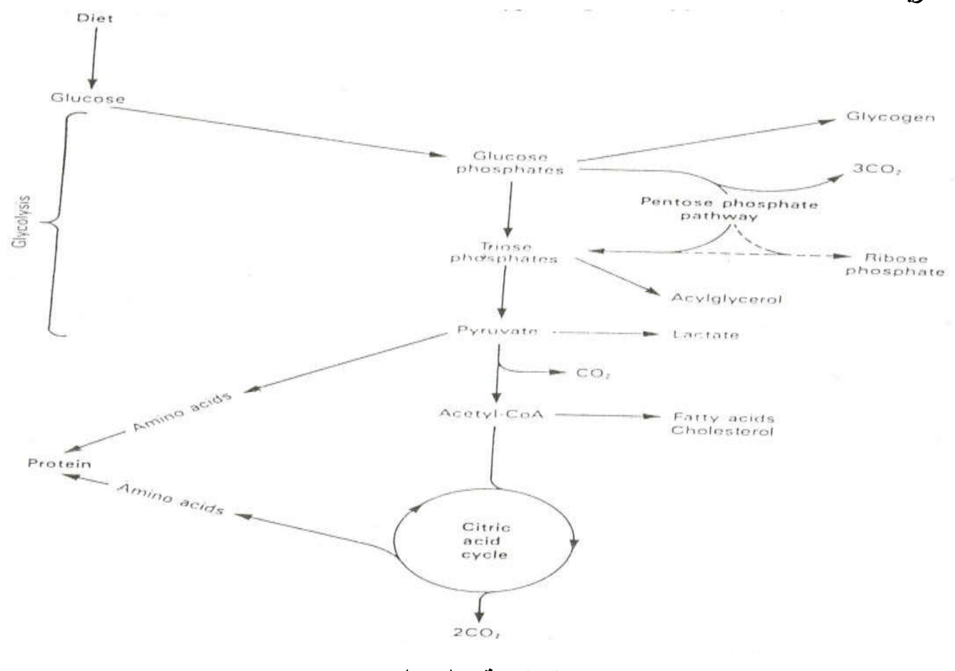
معرفة الميتابوليزم فى الحيوان العادى شرط او متطلب prerequisite a لفهم العديد من الحالات الخاصة ، والتمثيل العادى يشمل التغيرات والاختلافات والاقلمة فى التمثيل والراجع الى فترات الصيام والاجهاد والحمل والرضاعة ، والتمثيل غير الطبيعى ينتج من النقص الغذائى ونقص الانزيمات والافراز غير الطبيعى للهرمونات ، وأهم مثال للمرض الناتج من التمثيل غير العادى مرض a metabolic disease مرض السكر diabetes mellitus .

مسارات التمثيل الاساسية لانتاج نواتج الهضم الرئيسية :

The basic metabolic pathways process the major products of digestion :

يحدد طبيعة الغذاء النموذج التمثيلى الاساسى فى الانسجة ، تحتاج الثدييات مثل الانسان لعملية امتصاص نواتج الهضم الكربوهيدرات – دهون – بروتين الغذاء وهذه غالباً جلوكوز واحماض دهنيه وجليسرول واحماض امينية على الترتيب فى المجترات (والى مدى اقل العشبيات الاخرى herbivores) ، تهضم سليلوز العليقة بمعايشة الكائنات الدقيقة تبادل منفعة او التكافل Symbiotic الى الاحماض الدهنية قصيرة السلسلة الكربونية (حمض الخليك ، بروبيونك ، بيوتريك)، وتتأقلم

تمثيل الانسجة فى هذه الحيوانات لاستخدام الاحماض الدهينة قصيرة السلسلة كـ Major substrates ، جميع هذه نواتج هضم تخضع Processed لمساراتها التمثيلية الخاصة بها الى النواتج العادية Acetyl COA حيث تتأكسد كلية بواسطة دورة حمض الستريك ٠



شكل رقم (٦٦)

تمثيل الكربوهيدرات يختص بقدر الجلوكوز :

Carbohydrate metabolism is concerused with the fate of glucose

يتمثل الجلوكوز الى بيروفات ولاكتات فى جميع خلايا الثدييات بواسطة مسار دورة glycolysis ، والفسفرة phosphorylation ضرورية للجلوكوز للدخول فى هذا المسار وتحدث دورة glycolysis فى غياب الاوكسجين (لاهوائى) ، عندما يكون الناتج النهائى هو اللاكتات فقط ، والانسجة التى من الممكن ان تستخدم الاكسجين (هوائى) تكون قادرة على تمثيل البيروفات الى استيل COA التى يمكن ان تدخل دورة حمض الستريك للأكسدة الكاملة الى ثانى اكسيد الكربون والماء مع تحرير طاقة حرة كثيرة مثل ATP فى عملية الاكسدة الفوسفورية ، ويعتبر الجلوكوز هو الوقود الاساسى لانسجة كثيرة ، ولكن يشارك فى عمليات اخرى :

(١) تحويل الى مخزونه من البلمرة ، جليكوجين ، خاصة فى العضلات والكبد ٠

(٢) دورة فوسفات البنتوز والتى تتم من المركبات التمثيلية الوسطية فى دورة الجليكوليسيس glycolysis وهى مصدر لمكافئات الاختزال (2H) للتكوين الحيوى للأحماض الدهنية وهو أيضاً مصدر للريبوز وهو هام فى تكوين النيكلوتيد والاحماض النووية ٠

(٣) تريوزفوسفات يعطى جزئى للجليسرول للأكيل جليسرول gives rise to glycerol moiety of a cylglycerols (fat)٠

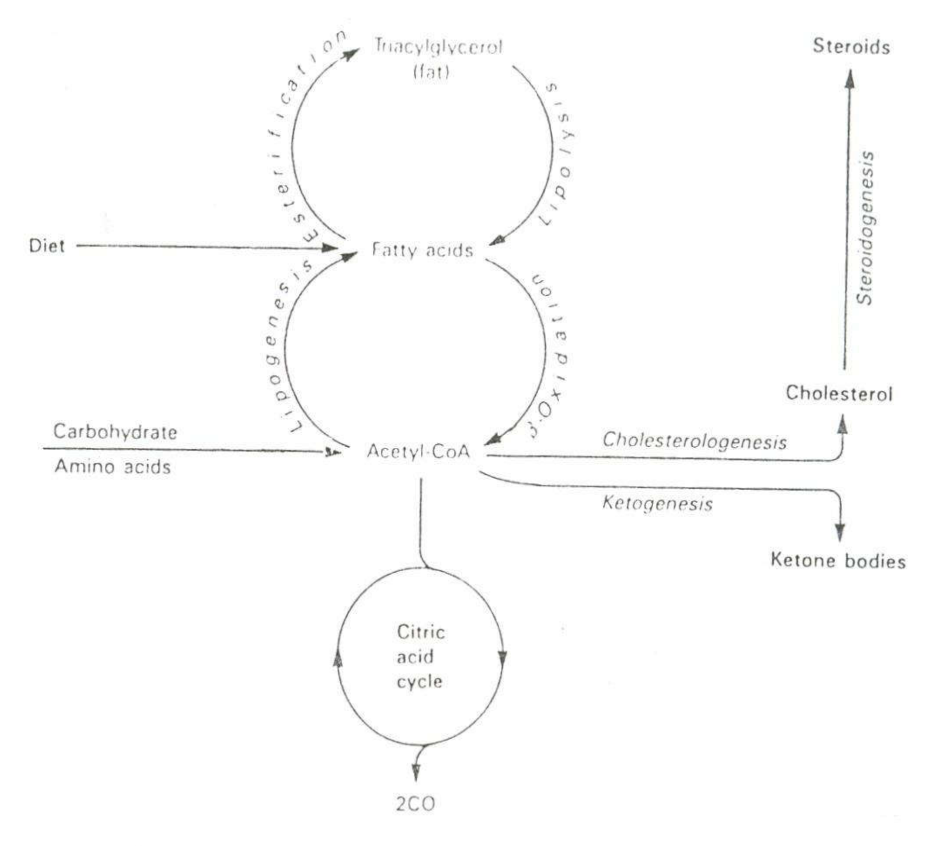
(٤) البيروفات والمركبات التمثيلية الوسطية فى دورة حمض الستريك تعطى الهيكل او التراكيب الكربونية فى تكوين الاحماض الامينية ، وتعتبر استيل COA هى الاساس البنائى للأحماض الدهنية ذات السلسة الكربونية الطويلة والكوليسترول والذى يعتبر the precursor فى تكوين جميع الاستيرولات فى الجسم ٠

يختص تمثيل الدهون اساساً بالاحماض الدهنية والكوليسترول :

Lipid metabolism is concermed mainly with fatty acids and cholesterol:

مصدر الاحماض الدهنية ذات السلسلة الكربونية الطويلة تكون اما de novo synthesis من استيل COA الناتج من الكربوهيدرات ، او من دهن الغذاء ، وفى الانسجة قد تتأكسد الاحماض الدهنية الى استيل COA (بيتا – اكسدة – β

oxidation) او يحدث لها استرة الى acylglycerols حيث triacylglycerol ثلاثى اكيل الجليسرول (الدهن) هو المخزون الرئيسى للطاقة فى الجسم the body`s main calories reserve .



شكل رقم (٦٧)

وتتكون استيل COA من β – oxidation ولها اهمية كبيرة :

(١) فى حالة انتاج استيل COA من الكربوهيدرات فهى تتأكسد كاملة الى $CO_2 + H_2O$ خلال دورة حمض الستريك ، تنتج الاحماض الامينية طاقة بقدر مقبول فى عملية β – oxidation ودورة حمض الستريك وبالتالى فهى وقود انسجة مؤثر جداً .

(٢) هى مصدر ذرات الكربون فى الكوليسترول لالاستيرولات الاخرى .

(٣) فى الكبد تنتج اسيتو استات اساس الاجسام الكيتونية Ketone body وتعتبر الاجسام الكيتونية بدائل وقود الانسجة الذائبة فى الماء water soluble tissue fuels والتى تصبح مصدر هام للطاقة تحت الظروف المؤثرة مثل الجوع .

تميثل العديد من الاحماض الامينية يشمل عملية نقل مجموعة الامين :

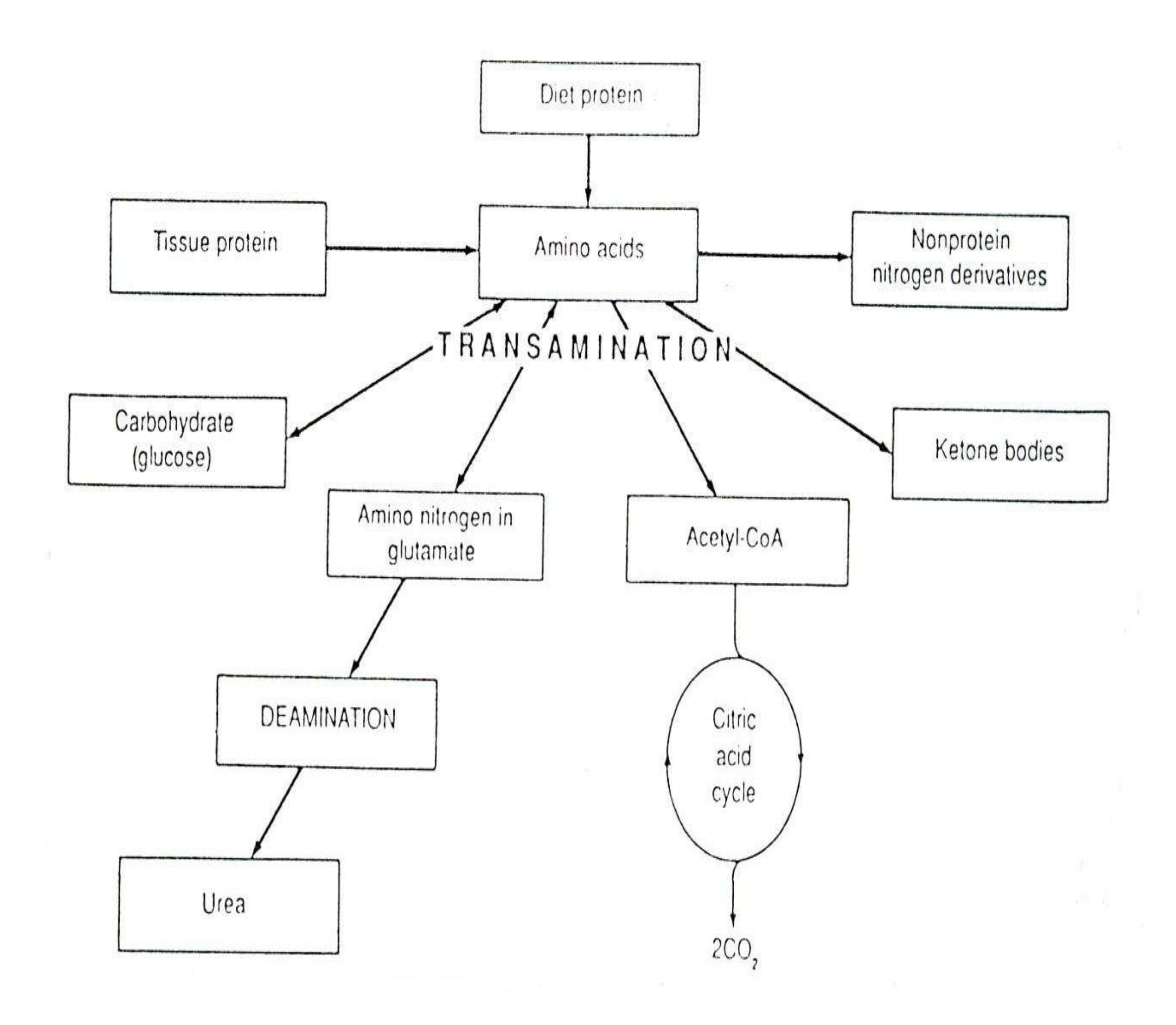
Much of amino acid metabolism involves transamination :

الاحماض الامينية ضرورية لتكوين البروتين ، بعضها لابد من الامداد بها خاصة فى الغذاء (الاحماض الامينية الضرورية) ، حيث الانسجة غير قادرة لتكوينها ، والباقى (الأحماض الامينية غير الضرورية) تعطى ايضاً فى الغذاء ولكن من الممكن تكوينها من المركبات الوسطية التمثيلية من خلال عملية نقل مجموعة الامين باستخدام النتروجين الامينى الزائدة الاخرى ، وبعد عملية ازالة الامين يزال نتروجين امينى كثير فى صورة يوريا ، والهيكل الكربونى المتبقى بعد عملية نقل الامين :

(١) يؤكسد الى CO_2 خلال دورة حمض الستريك .

(٢) ينتج جلوكوز (gluconeogenesis) .

(٣) تكوين اجسام كيتونية Ketone bodies .



شكل رقم (٦٨)

بالاضافة الى الاحتياجات للأحماض الامينية لانتاج وتكوين البروتين فان الاحماض الامينية تكون Precursors للعديد من المركبات الهامة الاخرى مثل البيورينات ، بريميدينات ، الهرمونات مثل ابينفرين والثيروكسين ٠

قد تدرس المسارات التمثيلية على مستويات مختلفة من المنظومة :

Metabolic pathways may be studies at different level of organization:

دائماً ننظر للتمثيل الغذائى وحدوثه فى الكائن ككل ، ويظهر مكان وتكامل المسارات التمثيلية بدراسة المستويات الادنى فى المنظومة مثال ذلك :

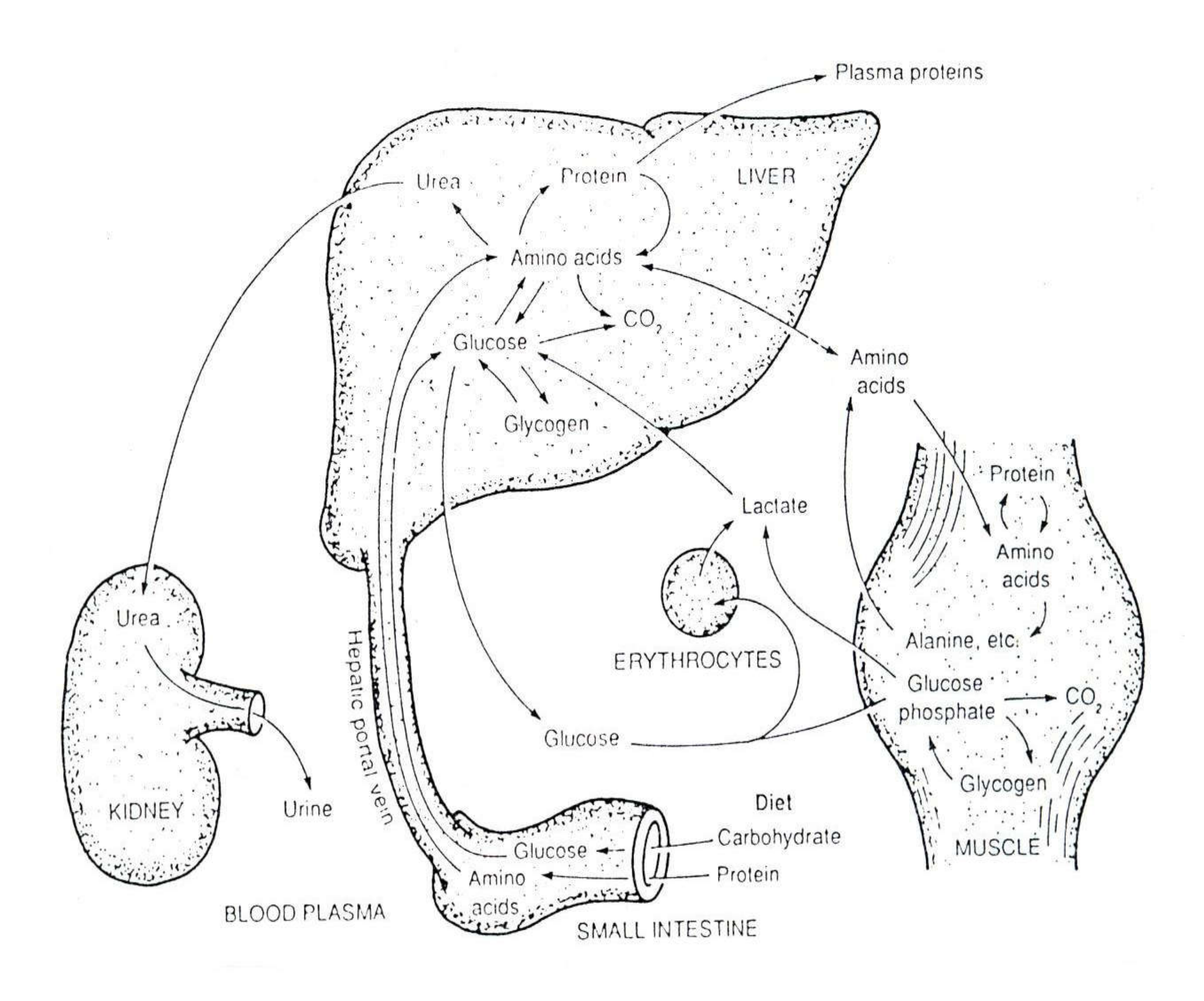
(١) مستوى النسيج او العضو – يتم معرفة طبيعة المادة الداخلة والمركبات الوسطية التمثيلية الخارجة من الانسجة او الاعضاء وايضاً يوصف كميتها عامة ٠

(٢) علـى مـستوى اقـل Sub cellular – كـل خليـة امـا عـضوية (he mitochondrion) او جـزء مـستقل Compartment (the cytosol) تلعب دور كيميائى لتكوين جزء من النموذج sub cellular للمسارات التمثيلية

على مستوى النسيج او العضو – تتكامل تمثيل الدورة الدموية :

At the tissue and organ level the blood circulation integrates metabolism:

الاحماض الامينية Amino Acids الناتجة من هضم بروتين الغذاء وكذلك الجلوكوز الناتج من هضم الكربوهيدرات تشارك فى الطريق العادى للامتصاص خلال الوريد البابى الكبدى the hepatic portal vein ، وهذا يؤكد ان كلا هاذان المركبات الوسطية التمثيلية ونواتج الهضم الذائبة فى الماء الاخرى تتوجه اولياً الى الكبد ٠



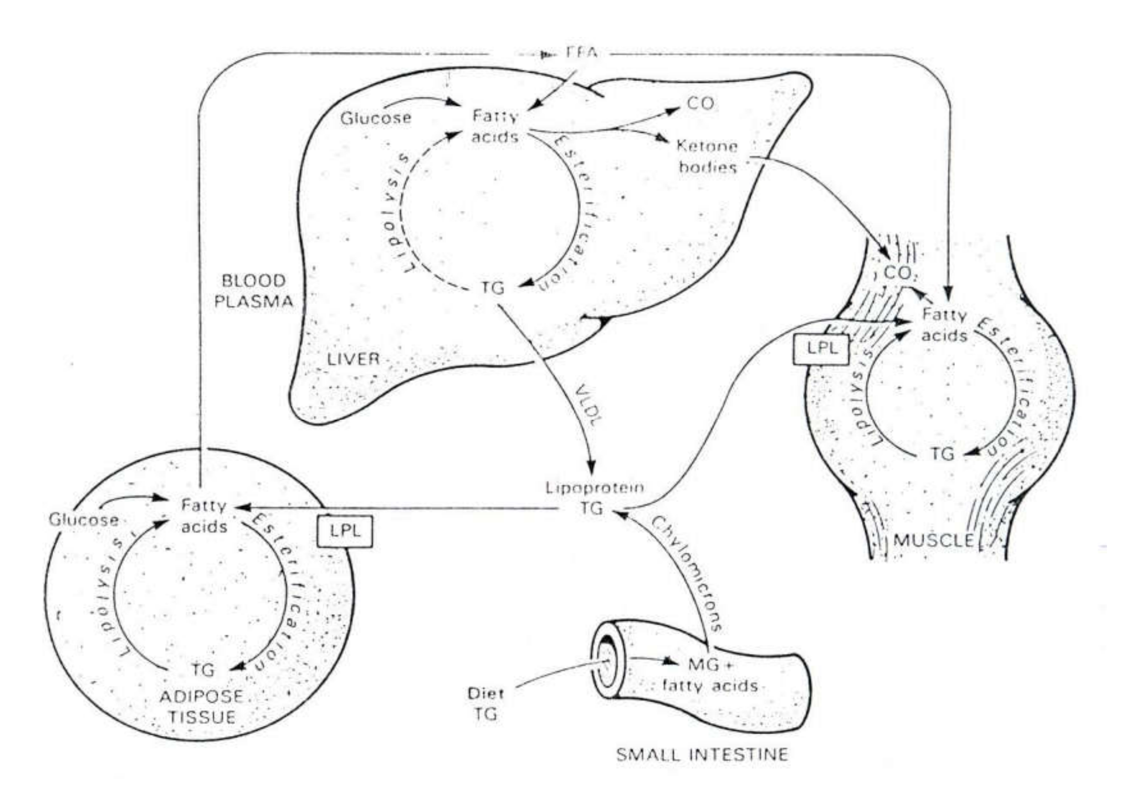
شكر رقم (٦٩)

الكبد لها تأثير وفعل تمثيلى مبدئى لتنظيم تركيز الدم من معظم المركبات الوسطية التمثيلية خاصة الجلوكوز والاحماض الامينية ، فى حالى الجلوكوز يصل الى ذلك بسحب كمية جلوكوز زائد ويحوله الى جليكوجين (glycogensis) او الى دهن (lipogenosis) ٠

بين الوجبات يمكن التركيز على مخازن الجليكوجين لزيادة مسوى الجلوكوز فى الدم (glycogenolysis) او يصاحب مع الكلية لتحويل مركبات وسطية تمثيلية غير كربوهيدراتية مثل اللاكتات والجليسرول والاحماض الامينية الى الجلوكوز (gluconeogensis) ٠ الحفاظ على تركيز مناسب من جلوكوز الدم حيوى للأنسجة وهى شئ اجبارى مثل المخ وكرات الدم الحمراء ، والكبد لها ايضاً دور فى تكوين بروتينات البلازما الاساسية (مثل الالبيومين) وعملية ازالة مجموعة الامين للاحماض الامينية الزائدة عن الاحتياجات وتكوين يوريا والتى تنتقل خلال الدم الى الكلية للأخراج ٠

تستخدم **العضلات skeletal muscle** جلوكوز كوقود وينتج لاكتات ، CO2٠ وتخزن الجليكويجن كوقود للاستخدام عند انقباض العضلات وتكوين بروتينات العضلات من الاحماض الامينية فى البلازما ، وتقدر العضلات بحوالى ٥٠% من كتلة الجسم وبالتالى يمثل مخزون بروتين مناسب ممكن استخدامه لامداد البلازما بالاحماض الامينية خاصة عند حالة النقص الغذائى ٠

الليبيدات Lipids ينتج من الهضم مونواكيل جليسرولات monoacylglycerols والاحماض الدهنية ، وهذه يعاد اتحادها فى خلايا الامعاء الدقيقة مع البروتين وتفرز اساساً الى النظام الليمفاوى Lymphatic system والى الدورة الدموية كليبوبروتين يعرف بـ chylomicron ٠ جميع hydrophobic ونواتج الهضم الذائبة فى الدهون (مثل الكوليسترول) تنتج الليبوبروتينات التى تسهل نقلها بين الانسجة فى ظروف مائية البلازما٠



شكل رقم (٧٠)

وعلى غير الجلوكوز والاحماض الامينية ، لا تسحب من الكبد Chylomicron triacyl glycerol وتمثل بواسطة extrahepatic tissues لتوفير انزيم Lipoprotein lipase والذى يحلل triacylglycerol وتنطلق وتتحرر الاحماض الدهنية التى ترتبط فى ليبيدات الانسجة او تتأكسد كوقود ، والمصدر الرئيسى الاخرى للاحماض الدهنية ذات سلسلة كربونية طويلة تتكون من الكربوهيدرات (lipogenesis) واساساً فى الانسجة الضامة adipose tissue والكبد٠

Adipos tissue triacyl glucerol هو احتياطى الوقود الاساسى فى الجسم ، ويعقب التحليل (Lipolysis) تتحرر الاحماض الدهنية الى الدورة الدموية كأحماض دهنية حرة ، ويتم سحبها بمعظم الانسجة (ليس المخ او كرات الدم الحمراء) ويتم استرتها الى acylglyserol او اكسدتها كوقود رئيسى الى CO2.

يحدث مساران هامان فى الكبد :

(١) Triacyl glycerol الزيادة من كلاً من Lipogenesis والاحماض الدهنية الحرة ، تفرز فى الدورة الدموية كليبوبروتين قليل جداً الكثافة Very low density lipoprotein (VLDL) وهذه Triacyl glycerol تصل لقدر مماثل لـ chylomicrons ٠

(٢) اكسدة جزيئة للاحماض الدهنية الحرة تؤدى الى انتاج اجسام كيتونية (Ketogenesis). هذه الاجسام الكيتونية تنتقل extrahepatic tissues حيث تعمل كمصدر رئيسى آخر للوقود.

على المستوى تحت الخلوى – دورة الجليكوليسيس فى السيتوسول ودورة حمض الستريك فى الميتوكوندريا:

At the sub cellular level, glycolysis is found in the cytosol and the citiric acid cycle in the mitochondria :

معظم الخلايا تتخصص فى تأثيراتها وتميل الى تفسير المسارات التمثيلية وتنظيم المسارات الأخرى فى الخلايا البرانشيمية فى الكبد وتفسير خاص لموقعها الخلوى.

والدور المركزى للميتوكوندريا Mitochonderia ظاهرة حيث تعمل كـ The focus and crossroad of carbohydrate , lipid, and amino acid metabolism .

خاصة انها تسكن الانزيمات فى دورة حمض الستريك فى السلسلة التنفسية ، ATP synthase ، β-oxidation للاحماض الدهنية ، انتاج الاجسام الكيتونية ، بالاضافة الى انها نقطة تجمع للهيكل الكربونى للاحماض الامينية بعد نقل مجموعة الامين وتمد بهذه الهياكل لتكوين الاحماض الامينية غير الاساسية. وتحدث دورة الجليكولسيس ودورة البنتوزفوسفات وتكوين الاحماض الدهنية فى السيتوسول ، ومن الملاحظ ان gluconeogensis حتى المواد مثل اللاكتات والبيروفات التى تنتج فى السيتوسول لابد من دخولها الميتوكوندريا وتنتج اوكسالواسيتات قبل تحويلها الى جلوكوز.
وتحتوى اغشية the endoplasmic reticum انظمة انزيمية لتكوين acylglycerol والريبوسومات مسئولة عن تكوين البروتين ٠ ومن المناسب ان نقل المركبات الوسطية التمثيلية بمختلف الاحجام والشحنات والذوبان خلال الأنسجة وتنفصل organelles تشمل ميكانيكية معقدة.

تدفق المركبات التمثيلية الوسطية فى المسارات التمثيلية يجب تنظيمها بطريقة راسخة :

The flux of metabolites in metabolic pathways must be regulated in a concreted manner:

تنظيم التدفق الكلى the overall flux للمسارات التمثيلية غالباً تختص بضبط واحد فقط او ربما اثنين من التفاعلات key reaction فى المسار ويحفز بواسطة انزيمات تنظيمية requlatory enzymes ، والعوامل الفيزويفوكيماوية تضبط وتحكم معدل الانزيم المحفز للتفاعل (مثل تركيز المادة) مهمة جداً فى ضبط المعدل الكلى للمسارات التمثيلية ، ومع ذلك فان درجة الحرارة ، درجة تركيز ايون الايدروجين pH ، عوامل ممكن ان تؤثر على فعالية الانزيم وتبقى ثابتة فى الفقاريات ذات الدم الحار warm – blood vertebrates.

بعض المعادلات
المستخدمة فى تغذية الدواجن والاسماك

(١) الدواجن :

القيمة الغذائية :

*- Chemical analysis, protein quality and metaboilzable energy

Force feeding assay was carried out for determination of AAAD and TAAD as well as AME, AMEn, TME and TMEn of PBPM. The method was performed according to Sibbald (1986) and McNab (1990; 1994) using 42 d old male chicks. Amino acid contents were determined at BASF AG, Germany using biochrom 20 Amino Acid Analyzed (Amershan Pharmcia, USA) based on the method described by Spackman et al., (1958). Methionine and Cystine were determined in samples oxidized with acid (Moore, 1963). Gross energy value was determined using an adiabatic bomb calorimeter (IKA-Calorimeter C4000).

The determination for AAAA and TAAA and AME, TME, AMEn, TMEn of rice bran were carried out employing the force-feeding assay according to the methods of Sibbald (1986) and mcNAB (1990; 1994).

Sibbald, I. R. (1986). The T.M.E. system of feed evaluation: methodology, Feed composition data and bibliography. Animal Research Center Contribution 85-91, Research Branch, Agric. Canada. Attawa, Ontairo, Canda.

mcNAB, J. M., (1990). Apparent and true metabolisable energy of poultry diets. Pages 41-54 in: Feedstuff Evaluation, 1st edn. T. Wiseman and D. J. A. Cole, Eds, Butterworths, London, UK.

mcNAB, J. M., (1994). Amino acids digestibility and availability studies with poultry. Pages 185-203 in: Amino Acids in Farm Animal Nutrition, 1st edn., J. P. F. D`Mello Eds. CAB International Wallingford, Oxon, UK.

*- 15-d old male chicks were randomly chosen to evaluate the protein quality of PBPM, using TPE technique (Patrick and Schaible, 1981). Chicks were wing banded and fed a commercial starter diet contained 21% CP and 2950 kcal ME/kg diet during 1-14 d of age. Thereafter, chicks were randomly distributed into two isocaloric diets (2900 kcal/kg) containing 12% CP based on either SBM or PBPM as a sole protein supplement. Each diet was fed to four replicates of ten virds each. In this experiment as well as the next one, chicks were provided with free access to water and mash from of feed and kept under similar managerial and hygienic conditions in electrically heated brooding batteries. Birds were illuminated with 24 hr lighting schedule, Individual BW and feed intake/replicate were recorded during the experimental period from 15 to 35 d of age.

McNab, J. M. (1990). Apparent and true metabolisable energy of poultry diets. Pages 41-54 in: Feedstuff Evaluation, 1st edn. T. Wiseman and D.J.A. Cole, Eds, Butterworths, London, UK.

McNab, J. M. (1994). Amino acid digestibility and Availability Studies with poultry. Pages 185-203 in: Amino Acids in Farm Animal Nutrition 1st edn. J.P.F.D Mello Eds. CAB, International, Wallingford, Oxon, UK.

Moore, S. (1963). One the determination of cystine as cysteic acid. J. Biol. Chem., 235-238.

Patrick H. and P. J. Schaible (1981). Poultry: Feeds and Nutrition. 2nd Edn. Avi publishing company, Inc. Westport, Connecticut, USA.

*- Nutritive values were calculated expressed as :

1- Total Digestible Nutrients (TDN) was calculated using 1, 2.25 and 1 factors for CP, EE and crude carbohydrates (CF and NFE), respectively.

2- Metabolizable Energy (ME Kcal/g) was calculated as 4.2 per gram TDN .

Titus, H.W. (1961): The scientific feeding of chickens. 5th ED. Danvil, Illinois, U.S.A.

ME = Metabolizable Energy values were calculated according, on DM basis as follows:

ME (Kcal/Kg)= 35.3 x CP% + 79.5 x EE% + 40.6 x NFE + 199.

Carpenter K.J. and Clegg K. M. (1956): the metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. J. Sci. Food Agric., 7: 45-51.

*- Proximate analysis of CGF, purchased from National Company for Maize Products was determined according to the methods of (AOAC, 1985). Amino acids profile was performed by ion-exchange chromatography (Spackman et al., 1958 and Spitzm, 1973). Metabolizable energy (ME) of the tested material was conducted by the method of Vorha et al., (1982) as follows:

$$ME = ME\ (Kcal/g)\ basal\ diet + \frac{ME\ (Kcal/g)\ tested\ diet - ME\ (Kcal/g)\ basal\ diet}{(g.\ tested\ material/\ g\ tested\ diet)}$$

A.O.A.C. (1985). Association of official analytical chemists (1985). Official method of analysis. 14th ed. Published by the A.O.A.C. Washington. D.C., USA.

Spackman, D. H.; Stein, W. H., and Moore, S. (1958). Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids Analyt. Chemist. 30:1190

Spitzm H. H. (1973). A new approach for sample preparation of protein hydrolyzates for amino acid analysis. Anal. Biochem. 56: 66-73.

Vorha, P.: chami, D. B., and Oyawoye (1982). Determination of metabolizable energy by fast method. Poultry Sci. 61:766-769.

*- to evaluate the metabolizable energy (ME) value, Hubbard broiler chicks at seven weeks of age were used. The chicks were reared in individual metabolic cages which were located in centrally heated room. Five replicates were assigned to each of the four dietary treatments. The chicks were given water and diets ad libitum during three days pre-experimental period.

Feed intake was measured and excreta was collected over the following three days period. The excreta samples were dried and grinned. The samples of diets and excreta were assayed for gross energy using chemical method (O`shea and Maguire, 1962), also nitrogen was determined by the method of Kjeldahl (A.O.A.C., 1990). In addition, the samples were analyzed for their dry matter content. From the previous results recorded, the estimation was made on dry matter basis using the formula given by El-Lakany (1969).

*- The metabolizable energy values (Kcal/g. dry diet) of the diets on a dry matter basis and coorected for nitrogen retention:

$$ME = GE - \frac{(K\ cal\ /\ g.\ excreta\ )\ (g.\ excreta)}{g.\ dry\ diet\ consumed} + 8.22^{*}\ (g.\ N_2\ retened\ per\ g.\ dry\ diet\ \ consumed)$$

* 8.22 is the energy in k cal/g. of uric acid nitrogen

*- The nitrogen retained per gram diet consumed:

$$g.\ N_2\ retained/\ g.\ dry\ diet\ consumed = g.\ N/\ g.\ diet = \frac{(g.\ N_2\ /\ g.\ excreta)\ (g.\ excreta)}{g.\ dry\ diet}$$

*- The metabolizable energy values (K cal lg.) of the test ingredients (t. i.) on a dry matter basis.

$$ME\ t,\ i. = ME\ (Kcal\ /g.)\ basal\ diet + \frac{ME\ (k\ cal/\ g)\ tested\ diet - ME\ (K\ cal\ /g.)\ basal\ diet}{(\ g.\ tested\ ingredient\ /\ g.\ tested\ diet)}$$

A.O.A.C., (1990). Association of Official Analytical Chemists “ Official Methods of Analysis” 15th Ed. Published by the AOAC. Washington. D.C

El-Lakany S. (1969). Studies of the effects of different treatments on the metabolizable energy value of wheat. MSc. The Univ. of B.C.

O`shea and Maguire, (1962). Determination of caloritic value of feedstuffs by chromic acid oxidation. J. Sci. Food Agric. 13:530-533.

F1 = (3.56 W + Δ W + X E) / 100

Where:

F1 = calculated food / bird/day (g). W= mean live-weight of bird (g).

Δ W = Live-weight change/100 bird/day (g) X = average egg weight (g).

E = number of egg/100 birds/day.

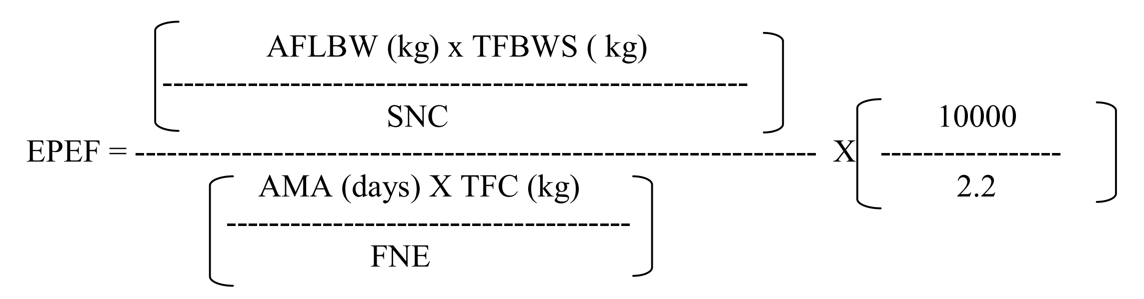
To get the efficiency index (EI), the calculated food/day (g) was divided by the average of observed food consumption/hen/day (g) obtained from the experimental feeding records.

*- Total protein efficiency (TPE): Assay of ingredient was evaluated according to the procedure described by Woodham et al., (1972), where 40 chicks 14-day old were divided into two groups with 4 replicates of 5 birds each using experimental diets.

TPE = Body Weight gain, g. / Total protein consumed, g.

Woodham, A.; S., Savi; B. J. Ayyash, and S. I. Gordon, (1972). Evaluation of barley as a source of protein for chichs. I I. Nutritional assessment of barley of differing variety and composition as complements to protein concentrates. J. Sci. of Agric. 23: 1055.

*- Growth performance: Birds individual live body weight (LBW) and pen feed consumption (FC) were weekly recorded and morality was daily observed Body weight gain (BWG), feed conversion ratio (FCR), crude protein conversion (CPC) and caloric conversion ratio (CCR) were calculated. At the end of the study, economic studies of experimental treatment were estimated using two ways: 1) Economic efficiency (EEf) of the product which was calculated from the input-output analysis based upon the difference in both growth rate and feeding cost; 2) European productive efficiency factor (EPEF) which was calculated according to Kamar and Sami (1982) using the following formula:



$$EPEF = \frac{\left[\frac{AFLBW\ (kg) \times TFBWS\ (kg)}{SNC}\right]}{\left[\frac{AMA\ (days) \times TFC\ (kg)}{FNE}\right]} \times \left[\frac{10000}{2.2}\right]$$

Where:

EPEF = European Productive efficiency factor

AFLBW = Average final live body weight

TFBWS = Total final live body weight sold

SNC = Starter number of chicks

AMA = Average marketing age

TFC = Total feed consumption

FNC = Final number of chicks

$$\frac{\mathbf{1000}}{\mathbf{2.2}} = \text{Constant factor}$$

Kamar, G.A. and M.S. Sami (1982). Commercial broiler production. Recent book center, Kuwait. PP: 114-115. (Arabic text book).

*- A total of 60 white single Comb Lohmann laying hen 80 wks of age were used. Bird were housed individually one per cage and were fed a comlete layer ration, ad libitum and allowed full access to water. Egg production was monitored to ensure that all hens were healthy and activity producing. After acclimation for 2 weeks the bird were exposed to the molting procedure. The hens were divided into 3 treatment groups with 2 birds per treatment: non molted control given full layer ration feed, group 2 hens fed on 90% alfalfa

and 10% layer ration for 9 days (Kwon et al., 2001) while in the third group (Zinc molt group) hens were fed on layer ration containing 20.000 ppm of zinc as zinc oxide for 9 days according to North and Bell (1990).

Hens were placed on an artificial lighting program of 8 hour L:16D during molt induction period (9 days) then returned to control layer ration and 16 h L: 8h D/d.

Feed intake was measured by weighing each diet prior to the start of molt and after the 9-days molt period. During molt, birds weights were monitored at 2, 5, 10 and 35 days.

At the end of the motl, 24 birds were slaughtered (8 birds from each group), and the ovaries, oviducts and spleens were excised and weighed and expressed as relative weight (% of B.W.). Egg production was measured daily (% of hen-day), whereas egg quality parameters were measured twice per week. Egg weight (recorded to the nearest 0.01g), egg length, yolk height and yolk diameter with a caliper and recorded to the yolk samples were collected before the induction of molting (premolt), and 5 and 10 days after relaying and at return to 50% egg production.

Determinate of NDV antibodies titer:

Serum samples from layers at 24, 28, 32, 36 and 40 wks of age and from posthatch chick were used for determination NDV antibodies liter, using methods described by (Liu, 1999), yolk samples at 28, 32, 36 and 40 wks of age were used for determination the same analysis.

Blood sampling:

All hens were bled via the wing vein, and 4 ml of blood was collected using a 5-ml syringe with a 23-gauge needle. Two ml of blood for each hen was centrifuged to separate serum which was collected and stored frozen until analysis, while heparin was added to the remaining 2 ml blood to be used for estimation of total leukocyte count and differential leukocyte count. Blood sampling was done on the 2nd , 5th , 10th and 35 days after molt induction and at the return to 50% of pre molt egg production.

Purification of IgY from egg yolk:

To extract immunoglobulin from the egg yolk, a chloroform-based method described by Polson (1990) was used. The egg yolk was taken out of the eggshell and placed in a clean Petri dish. The egg yolk membrane was washed with distilled water and then cut with the forceps. The yolk was allowed to run into a measuring cylinder, and its volume was noted. Twice the volume of phosphate buffer saline (PBS) was added, and the contents were mixed thoroughly by shaking. Chloroform equal to the volume of egg yolk and PBS was then added, and the contents were mixed vigorously, which resulted in the production of a thick emulsion. The emulsion was then centrifuged at 300 rpm for 30 min at room temperature. After centrifugation, the mixture was separated into 3 distinct layers in the centrifuge tube: an orange-colored solution at the bottom a semisolid emulsion of yolk in chloroform in the middle, and a watery phase of chicken serum protein on top. The watery phase on the top containing the Ig was removed, aliquoted, and stored at -20°C until analysis.

Assay of serum and Yolk IgY:

Serum and egg yolk IgY were determined by rapid enzyme immunoassay method according to Blais and Yamazaki (1991). A commercial ELISA kit was used and the instructions of the manufacturer were followed. Absorbance at 492 nm values was measured using an ELEISA plate reader. Results were expressed as the ratio between the optical density (OD) generated by the serum or yolk sample being tested (S) and the OD in a well containing a positive-control sample (P). values were expressed in mg/ml sample.

Statistical analysis: Data were analyzed using the GLM procedure of SAS software (2001). Differences in parameters among treatment groups, when significant, where compared using Duncan`s multiple range test (Duncan, 1955).Kwon et al., 2001

Blais, B.W. and Yamazaki, H. (1991). Rapid enzyme immunoassay of chicken egg yolk IgY. Immunol Invest 20(1). 83-88.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F. test. Biometrics. 11: 1-42.

Polson, A. (1990). Isolation of IgY from the yolks of eggs by a chloroform polyethylene glycol procedure. Immunoil. Invest. 19,253-258.
SAS Institute. (2001). SAS/STAT User`s Guide: Statistics. Release 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Rectal Temperature (RT) and Respiration Rate (RR):

Nine birds were randomly taken from each group (3 birds / replicate / group) for measuring rectal temperature and respiration rate. These parameters were measured just before treatment period termination at 10 weeks of age. Rectal temperature was obtained gently by thermometer inserted into the cloaca and respiration rate by counting the body wall movement for one minute using stop watch and a counter.

Atmospheric ammonia:

Air ammonia (NH3) concentration inside the experimental pens were taken biweekly intervals by using NH3 detector tubes (Dragger Gas Detector). NH3 measurements were taken at approximately 2 cm above the litter and at the level of bird of bird in randomly three different locations at approximately the same time (10 am).

Serum samples were collected from each treatment every 4 wks intervals throughout the entire experimental period and stored at – 20 °C for analyses. At 39 wks, artificial insemination was applied, fertile eggs laid during the 40 wks of age, were collected to estimate egg fertility and hatchability percentages. Hatched chick were weight, and then serum samples were collected.

1. Semen characteristics:

At 44 wks of age semen was collected from 48 well trained cocks (1 cocks from each treatment) by massage method. Semen sample were examined for the following characteristics.

1. Ejaculate volume was measured to the nearest 0.01 ml by using graduated syringe.
2. Mass motility score (From 1 to 5 grades).
3. Sperm concentration was measured by hemocytometer in counting the sperm per cubic millimeter.
4. Live sperm. The differentiation of live from dead sperms was done by a buffered brom-phenol blue and nigrosine solution technic.
5. Semen pH was determined using comparative pH papers.
6. Semen color was also determined.

The previous characteristics were determined according to (Kalamah et al., 2000).

Kalamah, M.A.; El-Nadi, M.M.; Gohar, L.M. and Soliman, M.M. (2000). Some factors affecting fertility and hatchability using artificial insemination in Norfa chickens. 3rd All Africa Conference on Animal Agric. And 11th Conference of the Egyptian Society of Animal Production, Alex. Egypt, 6-9 November, 597-605.

2. Fertility and hatchability:

At 44 wks of age four cocks from each treatment were selected and confined with 40 hens (1 cock/10 hens) received the same corresponding treatment. Eggs produced by each experimental group were collected at 42. 43 and 44 wks of age. The eggs of each treatment were incubated of each treatment and hatched separately to determine fertility percent (number of fertile eggs/number of eggs set x 100) and hatchability percent (number of hatched chicks/number of total eggs set x 100).

Egg and shell quality:

At the end of experimental period, eggs were collected from each treatment to examine egg and shell quality measurements. Egg dimension (Length and width) were measured in mm to calculate egg shape index according to Romanoff and Romanoff (1949) using the following equation: Egg shape index = egg width (mm) / egg Length (mm) x 100

Yolk and albumen index were calculated according to Funk et al., (1958) as yolk and albumen height divided by yolk and albumen diameter, respectively. The weight of yolk was estimated

after the separation of albumen while, albumen weight was calculated by subtracting the weight of yolk and shell from the egg weight. Albumen, yolk and shell percentages were calculated. The shell without membrane was weight and a micrometer measured its thickness.

Funk E.M., Fronig, G., Grottes, F.R anf Kinder, J. (1958). Quality of eggs laid by caged layer. World poultry Sci.J., 15:207.

*- The present study was carried out at the poultry Research farm Hy-Line laying hens aged 60 weeks were randomly chosen from a large commercial flock. All hens were approximately of an equal body weight (Mean ± S.E) and similar performance. Birds were leg banded, and divided into three groups. Birds of the first group were fed ad-libitum and adding considered as control. The second group was force molted by adding 1% zinc oxide on diet for 14 days. While birds of the third group were force molted by feed restriction (25%) for 7 days, then fasting fore subsequent 7 days. When hens of second and third group completely ceased egg production, nine experimental groups of 100 hens each were formed and treated as the following table to detect the response of molted hens to the hormonal treatments investigated. All groups were housed in floor pens at a density of 5 hens/m2. All birds were reared under the same managerial and hygienic conditions and fed laying rations.

Bird were individually weighed at the beginning of the experiment at two weeks of molt treatments and at monthly intervals after molting up to the end of the experimental period which lasted sixteen weeks.

Experimental design and number of birds :(٩٠) جدول رقم

Molt induction methods	Post-molt hormonal treatments
Non molted (n=30)	1- Control
1% dietary zinc oxide for 14 days (n=120)	2- Injection with 1 ml distilled water (d.w.) for 6 days (n=30) 3- Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) estradiol 17 β for 6 days (n=30) 4- Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) indomethacin for 3 days followed by 10 mg Bromoriptine for 3 days (n=30) 5- Injection with Human Chorionic Gonadotrophin (HCG) 50 IU for 6 days (n=30).
Feed restriction (25%) for 7 days followed by fasting for further 7 days (n=120)	6- Injection with 1 ml distilled water (d.w.) for 6 days (n=30) 7- Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) estradiol 17 β for 6 days (n=30) 8- Injection with 10 mg/1 ml (d.w.) indomethacin for 3 days followed by 10 mg Bromoriptine for 3 days (n=30) 9- Injection with Human Chorionic Gonadotrophin (HCG) 50 IU for 6 days (n=30).

Feed consumption and conversion, egg production, egg weight and egg mass were determined.

Heparinized blood samples were obtained from wing vein of four hens chosen randomly per each treatment for the determination of plasma Estrogen, Progesterone, T3 and T4 levels and T3/T4 ratio. Hormonal assays measured before molt, at the 2nd week of molt treatments and at 4, 8, and 12 weeks after molt. Radioimmunoassay of plasma samples of tetraiodothyronine (T4), triiodothyronine (T3), estrogen (E2) and progesterone (P4) were carried out at the laboratories of endocrinology research unit. Radiobiology department, nuclear research center, Atomic Energy Authority. Tetraiodothironine (T4) Radioimmunoassay (RIA) was estimated according to EL-Banna et al., 1992 a and b.

Plasma progesterone (P4) Radioimmunossay was estimated according to El-Banna and Gamal (1986), and plasma estradiol (E2) Radioimmunoassay was estimated according to EL-Banna et al., (1988).

All data were analyzed using the general linear model procedure (GLM) of SAS program (1996) according to the following model:

Where:

Yμ = the observation of the J^{th} individual in the i^{th} treatment: μ = the overall mean; T1 = The effect of the ith treatment; e ij = the random error.

Test of significance for differences were done using Duncan (1955) multiple comparison option in SAS

Duncan, D. B., (1955). Multiple range and multiple F test. Biometrics, 33:1-42.

ElBanna, I. M., El-Asrag, H. A., Ragab, M. T. and Barakat, M. (1992a). Productionof specific thyroxine antiserum for radioimmunoassay using drevatized immunogen. Isotope and Rad. Res. 24(1): 15-2.

ElBanna, I. M., El-Asrag, H. A., Ragab, M. T. and Barakat, M. (1992b). A provision radio iodination technique for the production of Ta-1 and T4-125 for sensitive radioimmunoassay. Isotope and Res. In press.

ElBanna, I. M., El-Asrag, H A. and Gamalo, M. H. (1988). An improved method for estradiol-17B radioimmunoassay. Isotope and Rad. Res, 20 (2): 141-144.

ElBanna, I. M. and Gamal, M. H. (1986), Miniature system for progesterone radioimmunoassay: Economy versus sensitivity and precision. Alex. J. Agric. Res. 31(3): 101-113.

SAS (1996). SAS Procedure Guide. " Version 6.12 Ed". Institute Inc., Cary, N.C. USA.

*- A total of 1600 hatching egg from both strains were used for detection hatching traits, besides eighty eggs were used for minerals determination in shell membranes of fertile and infertile eggs. Eggs were incubated in forced draft-type incubator (Egyptian made) at 99.5 °F temperature and 55% relative humidity in the setter and 98.6°F temperature and 5% relative humidity in hatcher unit. All eggs were individually weight before setting in the incubator as zero time and then they were weight again on, 5th, 18th and at first time of pipping to obtain egg weight loss percentages.

Egg weight loss percentage was calculated for each egg within a certain incubation interval as a percentage of the initial egg weight as follow:

$$\text{Egge weight loss \%} = \left[\frac{\text{Weight of egg on a certain day of incubation period}}{\text{Initial egg weight}} \right] \text{X 100}$$

Egg that failed to hatch a [1 the end of incubation and having full opportunity were broken out and then examined macroscopically to estimate the embryonic development and assigned to their time of death during the intervals (0-5), (5-18), (18-pipping), (0-18), and (0-Pipping) days. Fertility was calculated as the percentage of fertile egg from total setting eggs. Hatchability was calculated as the perecentage of sound chicks that hatched from either total or fertile eggs.

Mineral concentration (ca, Mg, Na and K) of fertile and infertile eggs were detected on zero, 5^{th}, 18^{th} days and at the first signs of pipping for both chicken strains egg. Eggs were randomly selected from both fertile and infertile eggs for each mentioned incubation date. The inner eggshell membrane and part of the outer shell membrane, which may have adhered to the inner membrane, were removed from the eggs and then washed three times in deionized water, and dried as described by Tranter et al., (1983). The dried membranes were weight to the nearest 0.01mg and wet-ashed in 8 ml of in hydrochloric acid plus 12 ml of methanol for 4 days at room temperature. An aliquot of the resulting mineral solution was placed in a 0.5 lanthanum chloride solution in deionized water. The aliquot was diluted appropriately to determine Ca, Mg, Na and K concentration using atomatic-absorption sepectrophotometry (Solar, AA series, thermo Elemental). The relative mineral concentration of each eggshell membrane was computed by dividing the observed concentration of each mineral by the dried membrane weight (milligrams of mineral per gram of dried membrane weight).

Tranter, H.S; Sparks, N.H.C.. and Board, R.G. (1983). Change in structure of the limiting membrane and in oxygen permeability of the chicken egg integument during incubation. Br. Poutl Sci. 24: 537-547.

*- egg quality measurements were performed at 43, 51 and 59 weeks of age on egg produced through three days, where three fresh eggs per replicate were randomly collected. Shape and yolk index were determined according to Romanoff and Romanoff (1949). Egg shell thickness was measured using a micrometer to the nearest 0.01 mm at the equator. Egg yolk visual color score was determined by matching the yolk with one of the 15 bands of the 1961, Roche Improved yolk color fan. Shell weight per unit of surface area (SWUSA) was then calculated according to the equation of Carter (1975). SWUSA (mg/cm^2) = (SW "mg" x 1000)/SA "cm^2" surface area (SA) was calculated by the equation of Nordstrom and Ousterthout (1982) as follow: SA (cm^2) = 2.978 x (fresh egg weight$^{0.7056}$).

Yolk total lipid and cholesterol were determined by using commercial hits according to the method of Fisher and Leveille (1957) and Allain et al., (1974). Fatty acids of yolk carried out by gass liquid chromatography (GLC) according to the procedure of Radwan (1978).

Allain, C. C,; Poon, L. S. and Richmond, W. (1974). Fu P.C. Clin Chem., 20:470.

Carter, T. C., (1975). Estimation of shell area and egg volume using measurements of frech egg weight and shell length and breadth alone or in combination. Br. Poult. Sci., 1:514-543.

Fisher, H. and Leveille, G. A. (1957). Observations on the cholesterol, linoleic and linolenic acid content of eggs as influenced by dietary fats. J. Nutrition 63:119-129.

Nordstrom, J. O., and L. W. Ousterhout (1982). Estimation of shell weight and shell thickness from egg specific gravity and egg specific gravity and egg weight. Poult. Sci., 61: 1991-1995.

Romanoff, A. L. and Romanoff, A. L. (1949). The avian egg. John Wiley and Sons. Inc New York.

Radwanm S. S. (1978). Coupling of two-dimensional thin layer chromatography with gas chromatography for the quantative analysis of lipids classes and their constituent fatty acids. J. Chromatog. Sci. 16: 538-542.

Woodham, A.; S., Savi; B. J. Ayyash, and S. I. Gordon, (1972), Evaluation of barley as a source of protein for chicks. II. Nutritional assessment of barley of differing variety and composition as complements to protein concentrates. J. Sci of Agric. 23::1055.

Egg traits and quality

Eggs were daily collected and weight. Averages of egg number (EN)m egg weight (EW), egg mass (EM) and feed conversion ratio (FCR) per EM were weekly calculated per each replicate for a 90-day laying period. Egg quality was assessed on 5 eggs collected per replicate during 3 days at the end of the 90-day period. Egg shape index (ESI) was determined according to Stadleman (1977). Eggs were broken out and the liquid content were put a side and shell plus membranes washed to remove adhering albumen. After drying. Shell weight % measured. Shell thickness (STh) was measured by using a micrometer as an average of 3 points (top, medial and base). Egg analysis including albumin protein %, yolk protein % yolk protein %, ether extract % and cholesterol (mg/gm yolk) were performed according to Washburn and Nix (1974).

Stadleman, W. J. (1977). Quality identification of shell egg in: Egg Science and Technology. 2nd Ed by W. J. Stadleman and O. J. Cotterill pub by AVI publishing company Inc. Connecticut USA.

Washburn, K.W. and D.F. Nix (1974). A rapid technical for extraction of yolk cholesterol. Poult. Sci. 53: 1118-1122.

Performance traits:

Egg production (number and weight) was recorded daily per replicate. Within each replicate weekly feed intake was determined and feed conversion (feed : egg) was then calculated.

Egg and shell quality:

At the end of experimental period, six eggs were collected from each treatment to examine egg and shell quality measurements.

Egg dimension (length and width) were measured in mm to calculate egg shape index according to Romanoff and Romanoff (1949) using the following equation:

Egg shape index = egg width (mm) / egg length (mm) x 100

Yolk and albumen index were calculated according to Funk et al., (1958) as yolk and albumen height divided yolk and albumen height divided by yolk and albumen diameter, respectively. The weight of yolk was calculated after the separation of albumen while, albumen weight was calculated by subtracting the weight of yolk and shell from the egg weight. Albumen, yolk and shell percentages were also calculated. The shell without membrane was weighed and a micrometer also calculated. The shell without membrane was weight and a micrometer measured its thickness.

Economic efficiency:

Economical efficiency of eggs production was calculated from input-output analysis which was calculated according to the prices of the experimental diets and egg produced during the year of 2008. The values of economical efficiency were calculated as follows:

$$\text{Economic efficiency (EE)} = \frac{\text{Net revenue (LE)}}{\text{Total feed cost (LE)}}$$

Romanoff, A.L. and Romanoff A.J. (1949). The avian egg. John Wiley and cons, In., N.Y.

Funk E. M., Fronig, G, Grottes, F.R. and Kinder, J. (1958). Quality of eggs laid by caged layers. World poultry Sci. J., 15:207.

Performance : النمو والأداء الانتاجى

*- Performance index (PI) PI = [live body weight (kg) / feed conversion ratio] x 100

Production efficiency factor (PEF)

PEF=[Livability x Mass (kg) /FCR x Age in days] x 100

Where: Livability = 100 – Mortality rate (%)

Mass (kg) = Final live body weight.

North, M.O. (1981). Commercial chicken. Production Annual. 2nd edition, Av., Publishing company I.N.C. West post. Connecticut, USA.

Feed conversion ratio (FCR):

$$\text{FCR} = \frac{\text{Average FC (g)/bird during a certain period}}{\text{BWG (g)/bird during the same period}}$$

Crude protein conversion (CPC):

$$\text{FCR} = \frac{\text{CP cons. (g)/bird during a certain period}}{\text{BWG (g)/bird during the same period}}$$

Caloric conversion ratio (CCR):

$$\text{FCR} = \frac{\text{ME cons. (Kcal)/bird during a certain period}}{\text{BWG (g)/bird during the same period}}$$

European productive efficiency factor (EPEF):

$$FCR = \frac{\dfrac{AFLBW\ (kg) \times TFBWS\ (kg)}{SNC}}{\dfrac{AMA\ (days) \times TFC\ (kg)}{FNC}} \times \frac{10000}{2.2}$$

Where:

EPEF = European productive efficiency factor
AFLBW (kg) = Average final live body weight
TFBWS (kg) = Total final live body weight sold
SNC = Starter number of chicks
AMA (days) = Average marketing age
TFC (kg) = Total feed consumption
FNC = Final number of chicks
$\frac{10000}{2.2}$ = Constant factor

Kamar, G.A. and M.S. Sami (1982): Commercial broiler production. Recent book center, Kuwait. PP:114-115. (Arabic text book).

Urinary organic matter (UOM) = Urinary N x 2.62

The percentage of urinary organic matter in the feces was added to the sum of the other components (fecal CP% + EE% + CF% + Ash%) to calculate the fraction of NFE by difference.

NFE% = 100 – (Fecal CP% + EE% + CF% + Ash% + UOM%)

Jakobson, D.E.; S.K. Gertovey and H. Nielson (1960): Digestibilty trails with poultry. Husdryrbugsudvaly-Kobengaven. 56: 1-34.

Abou Raya, A.K. and A.G. Galal (1971): Evaluation of poultry feeds in digestion trials with reference to some factors involved. A.R.E, J. Anim. Prod., 11(1): 207-221.

عام ٢٠٠١ :

مصر تنتج ٣٤٢ مليون بداري تسمين .
٣٣ مليون دجاجة بياض.
٧٤٩.٦٣٤ طن زرق سنوياً.
بمعدل ١.٢٢٧ كجم زرق جاف / دجاجة تسمين.
١٠ كجم زرق جاف / دجاج بياض.
الفوسفور ٢.٧١% فى الزرق.
الفوسفور ٢٠.٠٠٠ الف طن سنوياً.

تكلفة ذبح الدجاجة فى مجزر ٣ آلاف طائر / ساعة :

	القيمة بالألف جنيه
أجور	٩٢
كهرباء	١٠٠
سولار	٣٠
اهلاك	٥٠
تعبئة وتغليف	١٥
اجمالي	٢٨٧ ألف جنيه

تكلفة ذبح الدجاجة = ٢٨٧ ألف جنيه ÷ (٣٠٠٠ طائر/ساعة × ٧ ساعة × ٣٠ يوم) = ٤٥.٥ قرش/الطائر.

ملحوظة : هذه الاسعار خاصة بعام ٢٠٠١م.

*- At the end of the experiment birds of each treatment, representing the average group weight, were slaughtered in a horizontal position to reduce the antiperistalsis movement to the intestinal segments and regurgitation of the food.

The gut was clumped with artery forceps at the end of oesophagus, proventriculus, (Stomach) jejunum, gizzard, duodenum and ileum, then the contents of the stomach, duodenum and jejunum were separately collected, weight and kept in equal volumes of buffer saline solution. The contents were then individually centrifuged (6000 rpm for 10 min) and the supernatant fluids were decanted and used for the determination of some digestive enzymes activity. Amylase activity was determined by using the method described by Pinchasov and Noy. (1994) lipase activity according to Skalan, et al., (1975) and both Trypsine and Chemotrypsin according to Skalan, and Helevy (1985).

Pinchasov, Y. and Y. Noy (1994). Early postnatal amylolysis in the gastrointestinal tract of turkey poults. Comp. Biochem. Physiol., 106: 221-225.

Skalan, D. S. Hurwitz, P. Budowski, and I, Ascarelli (1975). Fat digestion and absorption in chicks fed raw or heated soybean meal. J. Nutr., 105: 57-63.

Skalan, D. and O. Helevy (1985). Protein digestion and absorption along the ovine gastrointestinal tract. J. Dairy Sci., 68: 1678-1681.

تقدير جودة اللحم والماء المنفصل :

*- Meat tenderness and water holding capacity (WHC) were determined according to the method of volovinskaia and Kelman (1962). Color intensity, as measured by optical density of meat, was determined colorimetrically according to the methods of Husani et al., (1950). While, pH value was measured by pH meter as described by Aitken et al., (1962).

تحليل الدم :

*- Blood samples were collected from the ten slaughtered birds in nonheparinized tubes. The blood samples were centrifuged at 3000 rpm for 15 min. and serum obtained was stored at -20ºC unit analysis. Serum total protein, albumin total lipids, total cholesterol, uric acid, creatinine. Aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT) and minerals (calcium and phosphorous) were determined calorimetrically by using available commercial kits purchased from Diamond Diagnostics company. The globulin values were calculated by subtracting the values of albumin from the corresponding values of total protein. Serum concentration of triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) were determined using commercial enzyme immunoassay test kit purchased from taytec Incorporation (7278 Aldercrest Dr., Mississauga, No. L5N 7N8, Canada).

*- Blood sample were collected at 98 d of age from four birds as two of each gender in heparinzed tube and plasma was separated by centrifugation at 3000 rpm for 10 minutes and stored at -18ºC until analysis Concentration of plasma total protein (Weichselbaum, 1946; Henry et al., 1974), albumin (Doumas et al, 1977) total lipids (Chabrol and Charonnat, 1973), triglycerides (Jacobs and Van Den Mark, 1960; Trinder, 1969), total cholesterol (Waston, 1960), AST and ALT (Retiman, and Frankel, 1957), Calcium (Sendroy; 1944), phosphorous (Gomorri, 1942) were estimated. Whilst plasma globulin was calculated by subtracting albumin from total protein.

Volovinskaia and Kelman (1962).

Husani. S. A.; F. B. Deartherage and L. E. Kunlkle (1950). Studies on meat. 11. Observations on relation of biochemical factors to change in tenderness. Feed Technology 4: 366-369.

Aitken, A; J. C. Casey; I.F Penny and C. A. Volys (1962). Effect of during temperature in the accelerated freeze drying of pork. J. Feed Sci., 13:439.

Jakobsen. P.E.; K. Gertov and S.H. Nilsen (1960). Frdjelighed frogmed fierbrae. "Digestibility trails with poultry" Bereting fra for sogslaboriet, Kabenhaven, 56:1-34.

Weichselbaum, T. E. (1946). Methods for determination of total protein in serum blood. America J. Clinical Pathological 16:40.
Henry, R. J.; D. C. Cannon and J. W. Winkelman (1974). Clinical Chemistry. Principles and Techniques. 2nd ed. Harper and Row.
Doumas, B. T.; D. Waston and H.G. Biggs (1977). Albumin standards and the measurement of blood albumin with bromocrisol green. Chem. Acta., 31:87.
Chabrol, E. and R. Charonnat (1973). Determination of total lipids. Press Medical, 45: 1713-1720.
Jacobs, N. L. and P. J. Van Den Mark (1960). Archive Biochemistry Biophysiology, 88: 250-255.
Trinder, P. (1969). Annals clinical Biochemistry. 6:24-27.
Waston, D. (1960). Determination of cholesterol in blood. Chemistry Acta, 5: 637.
Retiman, S. and S. Frankel (1957). Calorimetric method for the determination of blood, aminotransferase enzymatic activities. AM. J. Clin. Pathol. 25:56-63.
Sendroy, J. Jr. (1944). Determination of Calcium in Plasms. J. Biological Chemistry, 152:539.
Gomorri, G. (1942). Determination of inorganic phopsphorus in plasma. J. Laboratory Clinical Meolical, 27: 955.

*- Serum total protein was determined according to Biuret method (Henery 1964), albumin according to Doumas et al., (1971). Serum globulin was calculated by subtracting albumin from total protein. Serum total lipids was determined according to Knight et al. (1972) and total cholesterol accoding to Watson (1960). Fatty acids were analyzed in oils and egg yolk lipid samples according to Metcalfe et al. (1961) Using gas-liquid chromatography technique.

Henery R. J. (1964). A calorimetric method for the determination of the total protein. Clinical chemical Harper and row Publisher New York, 1946.
Knight, J.; A. Andersonis and J. M. Rawal (1972). Chemical basis of the sula-phosphate vanillin reaction for estimating totasl serum lipid. J. Biol. Chem., 226-497.
Doumas, B., W. Waston, and H. Biggs, (1971). Albumin standard and measurements of serum albumin with bromocresol green. Clin. Chem. Acta., 31:87-88.
Watson D.(1960).A simple methods for the determination of serum cholesterol.Clinical Chemical,5: 637.
Metcalfe, L. D., A. Smitz and Pelka (1961). The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatography. Ann. Chem., 33: 363-364.

الكفاءة الاقتصادية :

*- The economical efficiency (EEf) : EEf=A-B/B x 100.
where A is selling cost of obtained gain (LE per kg) and B is the feeding cost of this gain.
The performance index (PI)
PI= Live body Weight (kg) x 100/Feed conversion.

North, M.O. (1981). Commercial chicken. Production Annual. 2nd edition, Av., Publishing company I.N.C. West post. Connecticut, USA.

---

(٢) الأرانب :

انتاج اللبن :

*- In recent years there is a noticeable improvement of the litter size as a result of genetic selection of commercial strains. However, these strains present a high mortality of litters because of low viability during first days of life, which may be due to deficient thermoregulation or to an insufficient milk production (Pascual et al., 1999). During lactation period, milk yield of does determines the viability and growth of litters because they almost depend on the maternal milk only during the first 21 days of age (Kowalska

and Bielanski, 2004). Moreover, the intensification of reproduction becomes widespread (mating from 1 to 11 days after parturtition), which put more stress on the pregnant and lactating does. In this case, nutrient requirements of reproductive does are very high and voluntary feed intake is often insufficient to supply fetal growth and milk production (FortunLamoth, 1977 and Xiccato et al., 2002), especially under the hot temperature.

*- Numerous works tried to increase milk yield by using concentrated energetic diets, based on increasing the carbohydrate content regardless of the maximal level of starch or minimal level of dietary fiber, which caused an increase in digestive disorders especially in rabbits (Blas and Gidenne, 1998). Previous experiments have shown that fat supplementation in growing rabbit does decreased feed intake, improve DE intake and feed conversion rate, with no significant effect on growth rate (Fernandez and Fraga, 1996 and Bhatt and Swain, 2003). Also, the addition of high fat level in diets of rabbit does resulted in significant increased milk yield, litters weight gain at weaning and significantly decreased mortality of suckling pups (Pascual et al., 1999; Fernandez et al., 2000 and Kowalska and Bielanski, 2004).

Pascual, J. J.; Cervera, C.; Blas, E. and Fernandez-carmona, J. (1999). Effect of high fat diets on the performance, milk yield and milk composition of multiparous rabbit does. Anim. Sci., 68: 151-162.

Kowalska, D. and Bielanski, P. (2004). Effect of supplemental dietary fat for rabbits on milk composition and rearing performance of young rabbits. Proc. Of 8 the World Rabbit Congress, Puebla Mexico, pp. 869-873.

Fortun-Lamoth, L. (1977). Effects of dietary fat on reproductive performance of rabbit does. World Rabbit Sci., 5(1): 33-38.

Xiccato, G.; Trocino, A.; Sartori, A. and Queaque, P. I. (2002). Effect of dietary starch level and source on performance, caecal fermentation and meat quality in growing rabbits. World Rabbit Science, 10 (4): 147-157.

Blas, E. and Gidenne, T. (1998). Digestion of starch and sugars. In: The Nutrition of the Rabbit. (Edit. De Blas, J.C. and Wiseman, J.), CABI, Wallingford, pp. 17-38.

Fernandez-Carmona, J. and Fraga, M. J. (1996). The effect of dietary fat inclusion on growth carcass characteristics and chemical composition of rabbits. J. Anim. Sci. 74: 2088-2094.

Bhatt, R. S. and Swain, N. (2003). Effect of graded level of fat supplementation on the growth performance in the rabbits. World Rabbit Sci., 11(1): 33-40.

Fernandez-Carmona, J.; Pascual, J. J. and Cervera, C. (2000). The use of fat in rabbit diets. Pro. 7^{th} World Rabbit Congress, Valencia, Spain. 29-59.

*- Lactating rabbit does (five per diet) were selected at random and used to measure milk production and milk composition, rabbit does were separated from their pups after parturition. Litter size of eight pups was kept constant throughout lactation and dead pups were replaced daily by pups of a similar weight and age provided from nurse does. Milk production was estimated daily from weight loss of rabbit does during suckling. Suckling took place once a day, (around 09.00) in the nest box, for a short period (8 to 10 min). Feed intake of rabbit does was recorded daily and the weight of litters was measured weekly. Litters were weaned at 30 days of age.

*- Milk samples were used to determine the effect of fat level on composition of milk and were taken at 7^{th} , 4^{th} , 21^{st} and 28^{th} day of lactation. Pups were separated from their mothers to prevent suckling for a period of 24 hours before samples collection in the morning. Each doe was injected intravenously with 5ml oxytocin to enhance maximum contraction of myoepith cells and milk was collected manually by gently massaging the mammary glands. The milk samples (30 to 40 ml per doe) were obtained from all mammary glands and stored at -20°C until analysis.

القيمة الهضمية والغذائية :

*- Apparent nutrient digestibility was determined on control, pregnant (from 23 to 28 days of gestation) and on lactating (from 16 to 21 day of lactation) rabbit does, rabbit does of each group (six per diet) were allowed at random to the diets. Animals were housed in metabolic cages that allowed separation of faeces and urine. Faeces produced daily were collected in polyethylene bags and stored at -20°C (Perez et al., 1995) for five consecutive days according to the European reference method for rabbit digestion trials.

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3: 41-43.

The total digestible nutrients (TDN)

TDN= DCP+DCF+DNFE+(DEEx2.25)

Where: DCP = Digestible Crude protein, DCF= Digestible crude Fiber, DNFE= Digestible NFE. DEE= Digestible Ether Extract,

Cheeke, P. R., N.M. Patton and G.S. Tempelton (1982). Rabbit production. 5^{th} .

---

*- The digestible energy (DE) = DE (Kcal/Kg)=4253-32.6 (CF%)-144.4 (Total ash%).

Fekete and Gippert (1986). Digestibility and nutritive value of nineteen important feedstuffs for rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 9 (3): 103-108.

*- Nutrient digestion coefficient and nutritive values in terms of total digestible nutrients (TDN), digestible crude protein (DCP) and digestible energy (DE) were calculated as described by Perez et al., (1995).

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3: 41-43.

***- Caecotroply trial:**

At the end of the experimental (14 weeks), soft (SF) and hard (HF) feces excretion were determined using nine caecotrophy trials (six rabbits in each trial). Plastic neck collars were used to percent coprophagy. Soft and hard feces were collected according to the methods described by Carabano et al., (1989). The daily feed intake was recorded after deducing the scattered amounts.

Carabano, R.; Fraga, M. J. and De-Blas, J. C. (1989). Effect of protein source in fibrous diets on performance and digestive performance of fattening rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 12: 201-204.

Soft and hard feaces of each rabbit were collected every day for three days and the samples of daily faeces (20%) of each rabbit were taken for chemical analysis. The daily faeces samples collected were sprayed with 1% boric acid solution to prevent ammonia losses during drying. Feaces samples were dried at 60-70 °C for 48h. the dried feaces observed from each rabbits during the collection period was weighted, mixed, ground and kept until analysis.

*- At 56 d of age, as well as at 98 d of age, a digestibility trials were conducted using total collection method in which excreta was quantitatively collected each 12 hr for three successive days. Fecal nitrogen was separated following the method of Jakobsen et al., (1960).

Chemical analysis was carried out for diets, soft and hard faces, caecal content meat samples according to methods of AOAC (1995) for ash, DM, CP, CF and EE. Gross energy was determined in an adiabatic bomb calorimeter. Digestibility coefficients and

nutritive values of nutrients in terms of total digestible nutrient (TDN), digestible crude protein (DCP) and digestible energy (DE) were calculated as described by Perez et al., (1995). Relative contribution of soft faeces to dry matter and crude protein intake were calculated according to Fraga et al., (1991) as follows:

(١) المساهمة النسبية للروث الناعم الطرى فى كمية المادة الجافة المأكولة

Relative contribution of soft faeces to DM intake

(افراز المادة الجافة للروث الطرى جم / اليوم)

_______ × ١٠٠

(المادة الجافة المأكولة جم / يوم + افراز المادة الجافة للروث الطرى جم / اليوم)

(soft faeces excretion , g DM/day)

______ X 100

(feed intake, g DM/day + soft faeces excretion, g DM/day)

Fraga, M. J.; Perez de Ayala, P.; Carabafio, R. M. and De Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbits. J. Anim. Sci, 69: 1566-1574.

(٢) المساهمة النسبية للروث الطرى فى كمية البروتين الخام المأكولة

Relative contribution of soft faeces to CP intake

(افراز البروتين الخام للروث الطرى جم / اليوم)

_______ × ١٠٠

(بروتين خام مأكول جم / يوم + افراز البروتين الخام للروث الطرى جم / اليوم)

(CP excretion in soft faeces , g / day)

100 X _______

(CP ingested in feed , g DM/day + CP excretion in soft faeces, g /day)

Fraga, M. J.; Perez de Ayala, P.; Carabafio, R. M. and De Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbits. J. Anim. Sci, 69: 1566-1574.

(٣) معدل دورة امتلاء وتفريغ الأعور: Caecal turnover rate

كمية المادة الجافة للروث الطرى جم / اليوم

_____ × ١٠٠

محتوى الأعور من المادة الجافة بالجرام

soft faeces production (g DM/ d)

_____ X 100

Caecal content (g DM)

Garcia, J.; De Blas, J, C.; Carbanor, R. and Garcia, P. (1995). Effect of type of luceme on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. Reprod. Nutr. Decelopment, 35:267-275.

Carabans, R, Fraga, M. J., Santoma, G, and DeBlas, J. C. (2011). J. Animal Sci. October, 3. WWW.asas.org.

(٤) دليل الحرارة – الرطوبة : The temperature – humidity index

THI = db°F – (0.55 – 0.55 R#) (db°F – 58)
db°F = Dry Bulb Temperature in Fahrenheit
RH = Relative humidity (RH % / 100)
The THI value were classified as follow :
Iess than 82 = Absence of heat stress.
82 to < 84 = Moderate heat stress .
84 to < 86 = Severe heat stress.
Over 86 = very severe stress.

Live stock and Poultry Heat Stress Indices Agricultural Engineering Technology Guide Clemson University. Clemson, Sc 29634 , USA.

(٥) معدل النمو : Growth rate (GR)

*- Growth rate (GR) = FBW – IBW / 0.5 (FBW + IBW) X 100

وزن الجسم النهائى – وزن الجسم فى البداية

معدل النمو = ـــــــــــــ

٠.٥ × (وزن الجسم النهائى + وزن الجسم فى بداية) × ١٠٠

(٦) دليل الآداء : The performance index (PI)

*- The performance index (PI) = (Live body weight (kg) / feed conversion) x 100

North, M.O., (1981). Commercial chicken. Production Annual. 2nd edition; AV, Publishing company I.N.C., West post Connecticut, USA.

وزن الجسم الحى (كجم)

دليل الاداء = ــــــــــ × ١٠٠

الكفاءة الغذائية (معدل التحويل الغذائى)

(٧) معامل كفاءة الانتاج : The production efficiency factor (PEF)

*- The production efficiency factor (PEF) =
(Livability (%) x mass (kg) / FCR x Age in days) x 100

وزن الجسم الحى النهائى (كجم)

معامل كفاءة الانتاج [((١٠٠ – معدل النفوق %) × ـــــ × عدد الايام) × ١٠٠]

معدل التحويل الغذائى

Emmert, J. (2000). Efficiency of phytase feeding in broiler. Proceeding, Califonia Animal Nutrition conference, May 10-11. Fresno, California, U.S.A.

(٨) القيمة النشوية – معادل النشا : The starch value (SV)

*- The starch value (SV) was calculated according to Abou – Raya (1969):
SV = Digestible CP % x 0.85 + digestible EE% x 2.24 + digestible CF% + digestible NFE %.

Abou-Raya, A.K., Raafat, M.A., Hathout, M.K., and Khafagi, E.A. (1969). Methods of evaluating clover hay Trifolium Alexandrinum from different localities, I: The nutritive analysis and feeding value as TDN and SV. Agric. Res. Rev., Cairo, 47(6): 116-130.

(٩) الطاقة المهضومة : DE

*- DE was calculated according to cheeke (1987)
DE, Kcal/g = 4.36 – 0.0491 x NDF %
NDF % = 28.92 + 0.657 x CF %

(١٠) الطاقة القابلة للتمثيل : ME

*- ME (Kcal / Kg DM) = 239 (0.588 + 0.164 X)
X = Dry matter digestion coefficient of the diet.

Ceeke, P. R. Patton, N.N. and Templeton, G. S. (1987). Rabbit production. The Institute Printers & Publishers, Danville, Illiois, USA. (First edition).

الاجترار الكاذب فى الارانب : Coprophage

كلمة **Coprophage** أو **Pseudorumination** هى يونانية من مقطعين (**Kopros** الروث) و (**Phago** اكل) والأرنب له قدرة على تشكيل البراز بشكل خاص والذى يأخذه مباشرة من الشرج وظاهرة **Coprophagy** لها دوراً هاماً فى الجهاز الهضمى وهو سلوك طبيعى عند الارانب يقوم فيه بانتاج كرات تشبه الزبل ولكن طرية وينتجها بالليل بعد حوالى ست ساعات بعد آخر وجبه ، وتبقى على حالها عدة ساعات قبل ان تلين او تتفكك تدريجياً ويتغذى عليها وهى مواد غنية بمجموعة فيتامين **B** وتنتجها الميكلوفلورا الموجودة فى الاحشاء الخلفية .

عمليات الهضم فى الارانب : Digestive Processes in the Rabbit

الارانب من الحيوانات الوحيدة المعدة آكلة العشب ذات معدة بسيطة وامعاء خلفية متضخمة (الاعور والقولون) وقد كان يظن ان الاعور يشبه فى عمله كرش الحيونات المجترة ، الا ان يظن هذا ليس صحيحاً ، وان وجد بعض التشابه بينهما ، ففى المجترات لا توجد الحاجة للأحماض الامينية الاساسية فى الغذاء لان بكتريا الكرش تقوم بتخليقها ، اما فى الارانب فان البروتين البكتيرى المتكون فى الامعاء الخلفية لا يسهم كثيراً فى سد حاجة الارانب من البروتين ، وبالتالى فهو يعتمد على وجود الاحماض الامينية الاساسية فى الغذاء .

وتستطيع الابقار هضم الاغذية ذات الالياف العالية لان بكتريا الكرش تفرز انزيم السليوليز الذى يكسر السليلوز بينما لا تهضم الارانب الالياف بكفاءة ، وفى الواقع فان هضم الالياف فى الارانب اقل من معظم الحيوانات الأخرى وحيدة المعدة ، مثل الفئران ، وتتشابه الارانب والمجترات فى خاصية واحدة متعلقه ببكتريا الامعاء ، فالبكتريا الموجودة فى الكرش وتلك الموجودة فى الامعاء الخلفية للارانب يمكنها تكون كميات مناسبة من فيتامين **B** ، كما ان كلاً من الحيوانات المجترة والارانب تحتاج فى متطلباتها الغذائية الى فيتامينات **A, D, K** اما غيرها من الفيتامينات فتكونها البكتريا بكميات كافية .

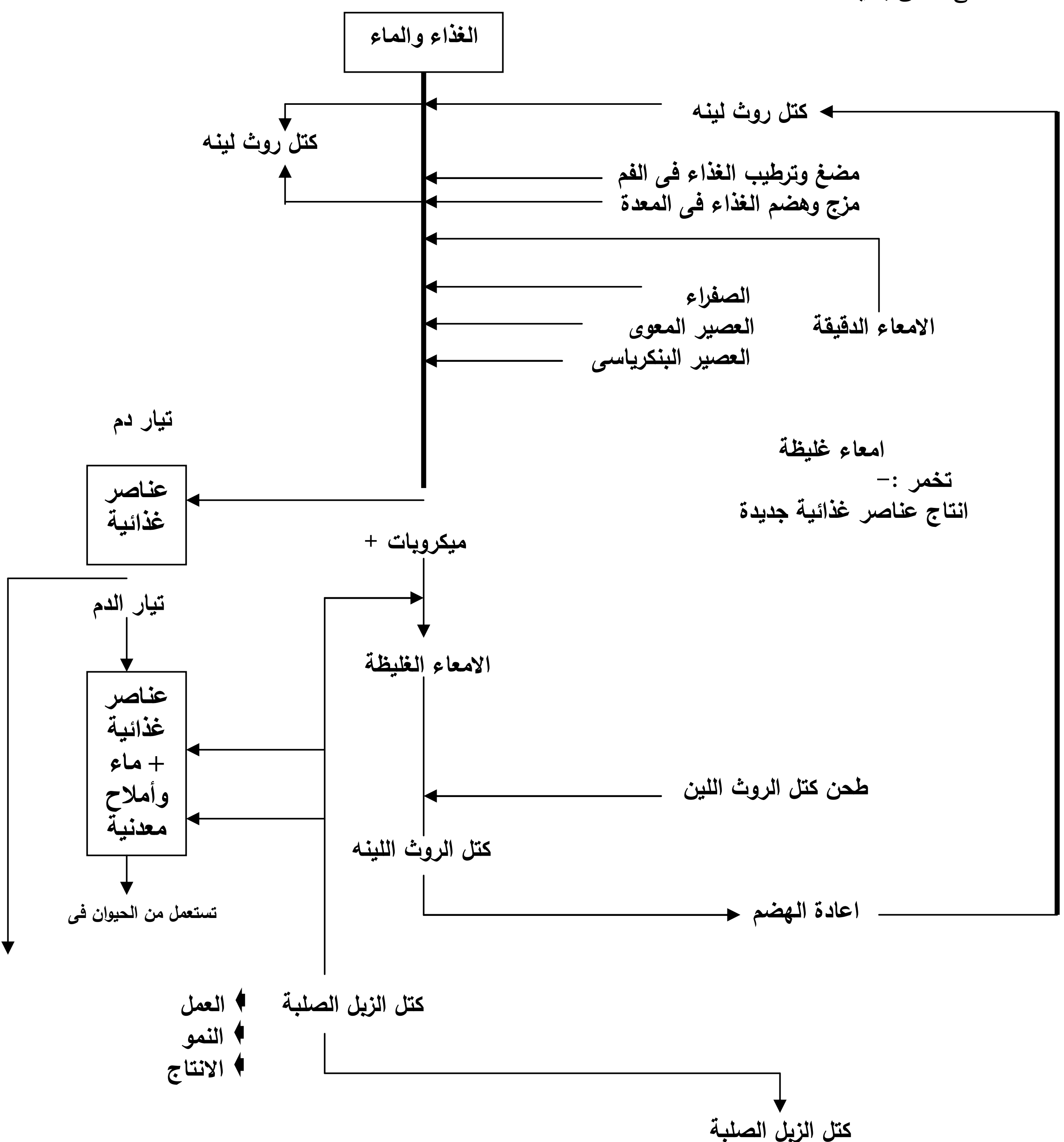
بعد تناول الارانب لغذائها واجراء عمليات المضغ والترطيب بخلطة باللعاب تتم عليمة بلع الغذاء حيث يصل الى المعدة ذات الوسط الحامضى بفعل حامض الايدروكلوريك المفرز من الغدد المعدية ، تبدأ عملية هضم هذا الغذاء بفعل تأثير العصارة المعدية والتى تفرز من غدد خاصة فى المعدة بعد فترة من وجود الغذاء فى المعدة تبدأ عضلات المعدة فى الانقباض لتدفع بالغذاء النصف مهضوم الى الامعاء الدقيقة حيث يفرز عليه العصير المعوى والعصير البنكرياسى وكذلك الصفراء من الحوصلة الصفراوية بالكبد فتتم عملية الهضم الانزيمى للغذاء وبعدها تحدث عمليات الامتصاص للغذاء المهضوم من الامعاء الى تيار الدم وبذلك يستطيع الحيوان استخدام هذه المركبات الغذائية الممتصة فى تغطية كافة احتياجاته للقيام بالعمليات الفسيولوجية المختلفة وتحتاج الامعاء الى السوائل لحسن سير عمليات الهضم والامتصاص فيها وهذا يوضح اهمية توفير مياه الشرب للأرانب بصورة دائمة وبعد اتمام عمليات هضم وامتصاص الغذاء خلال جدر الامعاء تبدأ عضلات الامعاء الدقيقة فى الانقباض لدفع مخلفات الغذاء غير المهضوم الى الامعاء الغليظة (شكل ١٤) حيث يصل الى أول اجزاء الامعاء الغليظة وهو الأعور او ما يسمى المصران الغليظ وهو عبارة عن انبوبة لها فتحة واحدة تفتح فى الامعاء الغليظة متسعة اتساع كبير حيث انها تشغل حوالى ٣٥% من حجم القناة الهضمية ويحدث فى هذا الجزء عمليات الهضم الميكروبى لمخلفات الغذاء غير المهضوم فينتج عن ذلك بعض العناصر الغذائية المفيدة مثل الفيتامينات وبعض الاحماض الدهنية الطيارة والاحماض الامينية ثم تتحرك هذه المركبات بفعل الانقباضات العضلية للأعور الى الامعاء الغليظة والتى يوجد بها نوعين مختلفين من النشاط هما انتاج الزبل اللين أو الرطب وانتاج الزبل الصلب حيث نجد فى ساعات الصباح المبكر تقوم الارانب باخراج كتل من الروث اللين التى تقوم الارانب بالتقاطها عن طريق الفم مباشرة وقبل سقوطها الى ارضية القفص حيث انه لا يتناولها مطلقاً اذا سقطت على ارضية القفص ويتم اخراجه فى شكل تجمعات عنقودية محاطة بغشاء جيلاتينى وكثيراً ما يوجد ملتصقاً فى الجزء الامامى للمعدة فى الحيوانات التى يجرى تشريحها ، وبعد التقاطها يقوم بابتلاعها بدون مضغ او خلط باللعاب حتى تصل الى المعدة فتختلط مع الاغذية الاخرى الموجودة فى المعدة وتحدث عليها عمليات الهضم والامتصاص ويطلق على هذه الظاهرة فى الارانب اسم الاجترار الكاذب ، ورغم ان هذا الروث اللين لا يساهم الا بحوالى ٥–٨% من احتياجات الارانب الا ان له اهمية كبيرة فى توفير الاحتياجات من الفيتامينات وفى اثناء فترة ما بعد الظهيرة فان المخلفات الغذائية تمر الى الامعاء الغليظة حيث يحدث لها بعض الامتصاص للماء مع بعض العناصر المعدنية مما يؤدى الى جفاف هذه المخلفات والتى تشكل الزبل الصلب الذى يمر من خلال فتحة الشرج الى خارج الجسم والذى يمثل مخلفات عملية هضم وامتصاص الغذاء التى نجدها على ارضية اقفاص الارانب . ونلاحظ ان الارانب لا تجرى عملية الاجترار الكاذب الا اثناء الصباح الباكر حيث الهدوء التام لان اى ازعاج للارانب يؤدى الى اضطراب علميات الهضم لهذا يجب على المربى منع الزيارات الى عنابر الارانب بقدر الامكان وكما يمنع دخول الكلاب والقطط والدجاج الى عنابر الارانب منعاً للضوضاء .

الارانب من الحيوانات الاختيارية لغذائها حيث نجد انها تختار الاوراق دون السيقان فى النبات وكما انها تختار النباتات الغضة عن النباتات الكبيرة العمر وتميل الى تناول النباتات الخضراء عن الجافة ومعنى هذا انها تختار العلائق العالية فى محتواها من البروتين والطاقة المهضومة قليلة الالياف بالاضافة الى ان الارنب يزهد الغذاء ويعافه بسرعة اذا حدث تلوث للغذاء او تغير تركيبه .

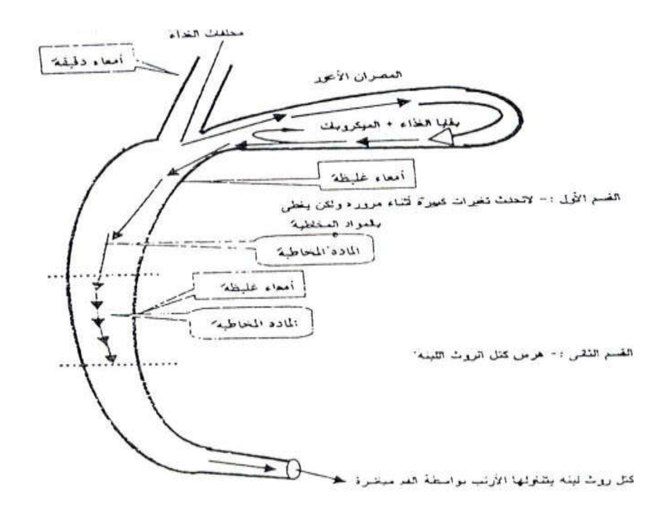
١– لايستطيع الارنب اتمام عملية الاجترار الكاذب الا بعد بلوغة عمر ٢٠ يوم . تكون امعاء الارانب خالية تماماً من اى ميكروفلورا قبل عمر ١٥ يوم وذلك لوجود مواد مطهرة فى لبن الام الى هذه الفترة ثم تزيد الميكروفلورا حتى عمر ٢٥ يوم ثم تقل حتى عمر ٣٥ يوم ثم تعود لتزيد مرة اخرى . (دور الميكروفلورا فى الهضم عند

الارنب تكميلى وبمعنى آخر نصف الهضم يعتمد على الميكروفلورا) ، حيث وجود ظاهرة الاجترار الكاذب فى الارانب توفر جزء من احتياجاتها من البروتين والفيتامينات مما يقلل تكلفة التغذية ٠

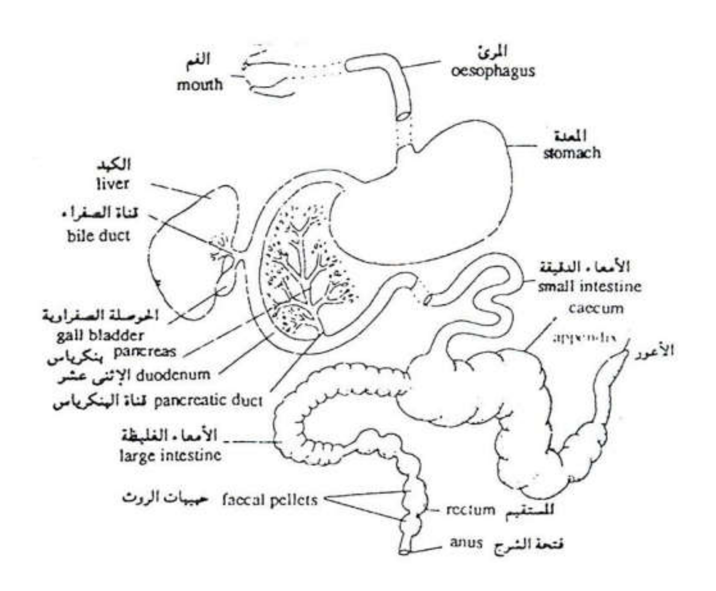
٢- تتميز الارانب بظاهرة اعادة استخدام ناتج الاخراج (الاجترار الكاذب) حيث يكون للأرنب نوعان من المخلفات احدهما العادى الذى يشاهد تحت الاقفاص (روث صلب) والآخر عبارة عن كريات صغيرة ناعمة تقوم الارانب بتناولها من المخرج مباشرة بفمها وتبلعها بدون مضغ حيث يعاد هضمه مرة اخرى وهى ظاهرة طبيعية فى الارانب ، وتتميز هذه الكريات بتركيز عالى من البروتين البكتيرى والفيتامينات وانخفاض محتواها من الالياف وارتفاع محتواها من الماء ، وهذه الكريات طرية ولينه ويتم انتاج الكريات ليلاً او خلال فترات الراحة ، وكثيراً ما تسمى متعلق بالليل **nocturnal** ٠



شكل رقم (٧١) المراحل الاساسية لعمليات الهضم والامتصاص فى الارانب



شكل رقم (٧٢) عمل الامعاء الغليظة وانتاج الروث اللين (الرطب)



شكل رقم (٧٣) رسم توضيحى للقناه الهضمية فى الارانب

الهضم ومعامل الهضم : Digestion and Digestibility

الهضم عبارة عن اعداد المركبات الغذائية فى الغذاء للامتصاص ، والامتصاص عملية نقل نواتج الهضم من القناة الهضمية الى الدم ، وفى اثناء الهضم تتفتت الجزيئات الكبيرة كالبروتين والنشا بواسطة الانزيمات الهاضمة الى الوحدات الاساسية التى صنعت منها (الاحماض الامينية بالنسبة للبروتين وسكر الجلوكوز بالنسبة للنشا) ٠

وفى الارانب تحدث معظم عمليات الهضم فى الامعاء الدقيقة ، وتتم بواسطة انزيمات الهضم التى يتم افرازها فى القناة الهضمية ، ويقوم بافراز هذه الانزيمات البنكرياس وتمر خلال القناة البنكرياسية الى الامعاء الدقيقة ، كما توجد بعض التخمرات فى الاعور والقولون (الهضم البكتيرى) علماً بأن هذه العملية الاخيرة ليست على جانب من الاهمية كما كان الاعتقاد سائداً ٠

اما معامل الهضم فهو اسلوب فنى يستخدم لقياس ما يستطيع الحيوان ان يهضمه من غذاء معين ، ولتقدير معامل الهضم فلابد من تقدير الغذاء المأكول وقياس الخرج من الروث ، وبذلك يكون الفرق بينهما هو الكمية المهضومة والممتصة من الغذاء ، توضع الحيوانات فى صناديق التمثيل الغذائى وهى مصممة بحيث يمكن فصل البول عن الروث مع جمع كل منهما ، وتقدير معامل الهضم للغذاء مهم جداً لانه يمكننا من حساب القيمة الغذائية لهذه الاغذية ، فاذا احتوى غذاء ما

على ٨٠ جم بروتين معامل هضمه ٣٠% فان هذا الغذاء يعادل ٢٤% فقط من البروتين المهضوم ، ٧٠% مما يحتويه من بروتين يخرج فى الروث٠

هضم البروتين : Protein Digestion

يتم هضم البروتين اساساً فى الامعاء الدقيقة بواسطة انزيمات يفرزها البنكرياس ويعتبر التربسين والكيموتربسين الانزيمين الرئيسيين فى هضم البروتين ، وتتم عملية الهضم بتكسير الروابط الببتيدية التى تربط الاحماض الامينية معاً فى البروتين ، وبالتالى يتحلل البروتين الغذائى الى وحدات من الاحماض الامينية التى يتكون منها ، وهذه بدورها يتم امتصاصها ، والبروتين الذى لايتم هضمه بهذه الطريقة ينتقل الى الامعاء الخلفية ، حيث يتعرض لنشاط الانزيمات البكتيرية ٠

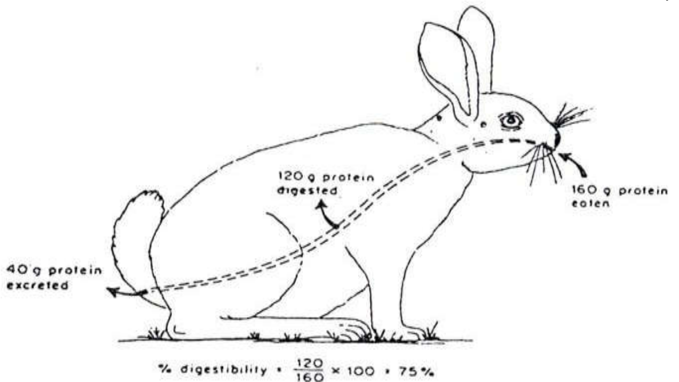
وتقوم البكتريا فى الامعاء الخلفية بتخليق احماض الامينية تدخل فى مكوناتها البروتين الخاص بها ، وهذا البروتين البكتيرى يكون فى متناول الارانب حيث تلتهم الروث الطرى الذى تفرزه ليلاً ، ومع ذلك فقد دلت الابحاث التى اجريت على عملية التمثيل الغذائى للنيتروجين والبروتين فى الارانب ان البروتين البكتيرى الذى تتناوله الارانب من خلال روثها لا يساهم الا بقدر بسيط فى تغطية احتياجاتها من بروتين واحماض امينية ، ويعتمد الارانب فى تغطية احتياجياته من البروتين والاحماض الامينية على نوعية عالية من الغذاء٠

وفى الابقار وباقى المجترات فان البكتريا فى الكرش تقوم بتخليق البروتين من مصادر النتروجين مثل اليوريا ، ويطلق على هذه المصادر بالنيتروجين غير البروتينى ، وبالاضافة الى ذلك فان بكتريا الكرش تحول البروتينات منخفضة القيمة والفقيرة فى الاحماض الامينية الاساسية الى بروتين بكتيرى عالى القيمة ، ويعتبر ذلك من الناحية الاقتصادية ميزة كبيرة وذلك لان البروتينات منخفضة القيمة ، وكذلك مصادر النيتروجين غير البروتينى تكون ارخص سعراً من البروتينات عالية القيمة ٠

ونظراً لاحتواء الارانب على عدد من البكتريا فى الاعور والقولون فمن المفيد معرفة ما اذا كان للأرانب المقدره على استعمال البروتينات منخفضة البروتين بكفاءة ، وكذلك مدى كفاءته فى استخدام مصادر النيتروجين غير البروتينى مثل اليوريا ، وقد اظهرت عدة دراسات عدم امكان اتباع هذه التغذية ، حيث ان اليوريا ليس لها قيمة للأرانب كمصدر لتخليق البروتين٠

وعند المقارنة بالحيوانات وحيدة المعدة الاخرى نجد ان الارانب تهضم البروتين الموجودة فى الحشائش بكفاءة عالية ، فالخنزير الذى يتغذى على البرسيم الحجازى يهضم اقل من ٥٠% من البروتين ، وعلى عكس الارانب التى تهضم ٧٥-٨٠% من بروتين البرسيم ، وبالرغم من انها تهضم الالياف اقل كفاءة من الخنازير ، وقد يكون سبب ذلك تناول الارانب للروث الرطب بالاضافة الى ان الهضم والامتصاص يتم بكفاءة اكبر ، وهذا من اهم الاسباب التى تفسر سبب تقديم البرسيم الحجازى بكميات كبيرة للارانب بالاضافة الى غيرة من اعلاف المراعى حيث يكون المصدر الرئيسى للبروتين ٠

وفى المستقبل ومع تناقص المتاح من الحبوب لتغذية الحيوان ومع زيادة الاعتماد على اعلاف المراعى لتغذية الماشية تصبح مقدرة الارانب على استعمال بروتين الاعلاف بكفاءة ذات اهمية خاصة ، ويصير الارانب مهماً جداً لقدرته على استخدام هذه الاعلاف بكفاءة ٠



شكل رقم (٧٤) يوضح تقدير معامل هضم بروتين الغذاء فى الارانب

تقدير معامل هضم بروتين الغذاء :

الطريقة :

وضع الارانب فى صندوق التمثيل الغذائى ، ثم جمع عينات الروث وتقدير المأكول من الغذاء ، ثم تحليل هذه العينات لتقدير نسبة البروتين فيها ، وكانت النتائج المتحصل عليها كما يلى:

١- يحتوى الغذاء على نسبة بروتين ١٦%
٢- يحتوى الروث على نسبة بروتين ١٠%
٣- مقدار المستهلك من الغذاء ١٠٠٠ جرام
٤- مقدار الروث الخارج من الارانب ٤٠٠ جرام

طريقة الحساب :

١ – كمية البروتين المأكول = (١٦ × ١٠٠٠) / ١٠٠ = ١٦٠ جم

٢ – كمية البروتين فى الروث = (١٠ × ٤٠٠) / ١٠٠ = ٤٠ جم

٣- البروتين المهضوم = ١٦٠ – ٤٠ = ١٢٠ جم

٤ – معامل هضم البروتين = (١٢٠ / ١٦٠) × ١٠٠ = ٧٥%

هضم الكربوهيدرات : **Carbohydrate Digestion**

الكربوهيدرات فى الغذاء نوعان الأول عبارة عن مصادر سهلة الهضم مثل النشا والسكروز والنوع الثانى صعب الهضم نسبياً مثل السليلوز والهيميسليلوز ، والنشا هو المكون الاساسى لكربوهيدرات الحبوب ، بينما السليلوز والهيميسليوز هما المكونان الرئيسيان لجزء الالياف فى اعلاف المراعى .

ويتم هضم النشا فى الامعاء الدقيقة فى الارانب بواسطة انزيم اميليز الذى يفرزه البنكرياس ويقوم هذا الانزيم بتكسير النشا الى جزيئات سكر الجلوكوز التى يتكون منها ويتم بعد ذلك امتصاص الجلوكوز الى الدم خلال الامعاء الدقيقة لتستعمله الارانب كمصدر الطاقة ، ونظراً للسرعة العالية التى يمر بها الغذاء فى الامعاء الدقيقة فان كميات كبيرة من النشا غير المهضوم تصل الى الامعاء الخلفية ، حيث تتخمر بواسطة البكتريا ، واذا تناول الارانب الحبوب بنسبة عالية فقد تتسبب فى زيادة عبء الكربوهيدرات على الامعاء الخلفية والزيادة من النشا تجعل مجاميع البكتريا تنفجر ، فاذا وجدت بكتيريا منتجه لاى مواد سامة تكون النتيجة تسمم الحيوان ونفوقه وعلى ذلك فان نوعية الكربوهيدرات الغذائى وكميته تتحكم فى حدوث مشكلة مرضية رئيسية فى الارانب .

وهضم الالياف فى الارانب منخفض وفى الجدول التالى بيان معامل هضم الالياف فى عديد من حيوانات المزرعة .

جدول رقم (٩١) يوضح معامل هضم الياف دريس الفاالفا فى الحيوانات المختلفة

الحيوان	معامل هضم الالياف (%)
الابقار	٤٤
الاغنام	٤٥
الماعز	٤١
الحصان	٤١
الخنزير	٢٢
الأرنب	١٤

وهناك تساؤل وهو انه اذا كانت الارانب تهضم الالياف بمثل هذا الضعف فكيف يمكنها الاستفادة من الاغذية الليفية بكفاءة ؟ يمكن تفسير مثل هذا التناقض بملاحظة ان الالياف تمثل ٢٠ – ٢٥% فقط من علف المراعى ، وعلى ذلك فالبرسيم الحجازى يحتوى على ٧٥-٨٠% مواد اخرى غير الالياف .

ويقوم الارنب بهضم الاجزاء الليفية بكفاءة مثل هضم البروتين والكروبوهيدرات الذائبة وتخرج الالياف غير المهضومة فى الروث ، وتفترض الابحاث التى تمت فى اوروبا وجود فاصل بين الجزيئات الصغيرة والكبيرة فى الاعور ، فتحتجز الجزيئات الصغيرة لمزيد من عملية الهضم بينما يتم اخراج الجزيئات الكبيرة بسرعة فائقة ٠

وترجع مقدرة الارانب على الاستفادة من العلائق الغنية فى البرسيم الحجازى وغيره من اعلاف المراعى الى الكمية الكبيرة التى يتناولها من هذه العلائق منخفضة الطاقة ، مع سرعة اخراج الالياف وهضم المواد غير الليفية هضماً جيداً٠

ويوجه الاهتمام فى كثير من البلدان الى انتاج مركزات من بروتين الاوراق (LPC) كغذاء للانسان والحيوان ، وفى هذه العملية يتم حش الحشائش وتقطع وهى مازالت خضراء وتعصر لاستخراج العصير منها ، والذى يحتوى على نسبة عالية من البروتين ويترك العصير بعد ذلك حتى يغلظ قوامه ثم يكشط ويجفف ، والمستحضر الناتج مصدر جيد للبروتين يساوى فى القيمة البروتين الموجود فى كسب فول الصويا ٠ وتعتبر الارانب وسيلة بيولوجية لانتاج (LPC) حيث تقوم بفصل بروتين الاعشاب بكفاءة عالية من الالياف وتخرج الالياف فى الروث بينما يتحول البروتين الى لحم فى جسمها عالى الجودة ، وفى كثير من البلدان قد يكون انتاج الارانب اكثر فعالية من الناحية الاقتصادية والتكنولوجية للاستفادة من اعلاف المراعى بدلاً من الانتاج الميكانيكى لمركزات بروتين الاوراق ٠

وبينما لايبدو للألياف ايه فائدة للأرانب كمصدر للطاقة فانها مكون هام فى علائق الارانب وقد اظهرت عديد من الدراسات ان العلائق الفقيرة فى الالياف تسبب النزلات المعوية المتزايدة ، وقد يكون للألياف تأثير وقائى معين ، حيث تقوم بتخشين الامعاء من الداخل والحفاظ عليها فى حالة صحية جيدة ، وزيادة مستوى الالياف فى العليقة يسبب نقص الكمية المأكولة من الكربوهيدرات الذائبة ، مما يعمل على تخفيف عبء الكربوهيدرات الواقع على الامعاء الخلفية ، كما ان تقديم الالياف فى الغذاء يساعد ايضاً على تجنب مضغ الفراء فى الارانب ٠

هضم الدهن : Fat Digestion

يتم هضم الدهون فى الامعاء الدقيقة بواسطة انزيم ليبيز الذى يفرزه البنكرياس ، كما يقع على الصفراء المفرزة من الكبد عبء استحلاب الدهون (تفتيت الدهون الى حبيبات صغيرة) فى الوسط المائى الموجودة فى الامعاء ويميل الرأى الشائع بأن الغذاء الغنى فى الدهن بنسبة عالية قد يصعب هضمه ، وهذا ليس صحيحاً فى الارانب ، فالدهون سريعة الهضم ، وقد امكن تغذية الارانب على عليقة بها ٢٥% دهن دون حدوث تأثيرات سيئة ٠

وفى التغذية العملية تكون نسبة الدهون ٣-٥% هى الاكثر شيوعاً واذا زادت عن ذلك فقد تقل نوعيات الحبيبات مسببة تعجن حبيبات الغذاء فى القناة الهضمية ويوضح جدول (٦) معاملات هضم المركبات الغذائية فى اغذية الارانب ٠

هضم المعادن والفيتامينات : Digestion of Minerals and Vitamins

لا تحتاج العناصر المعدنية والفيتامينات الى هضم ، حيث انها توجد فى الغذاء فى شكل قابل للامتصاص المباشر ، وبالتالى فان عملية الهضم تنطبق فقط على الاقسام الرئيسية للغذاء وهى البروتين والكربوهيدرات والالياف والدهون ٠

جدول رقم (٩٢) يوضح معاملات هضم المركبات الغذائية فى تغذية الارانب

	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Nitrogen free extract
Bluegrass	74	41	13	41
Clover, green	74	73	15	80
Clover, dried	75	44	84	68
Ladino clover, green	87	54	65	89
Ladino clover, dried	84	55	64	86
Alfalfa (Lucerne), green	80	70	64	81
Orchard grass, green	80	43	28	42
Orchard grass, dried	75	42	37	48
Sudan grass	68	49	27	64
Tall fescue, green	84	53	23	40
Tall fescue, dried	81	52	26	41
Mixed grasses with clover, green	77	46	49	66
Mixed grasses with clover, dried	62	26	26	56
Clover hay	63	82	20	67
Alfalfa (Lucerne) hay	72	16	18	63
Meadow hay (good)	50	45	33	55
Nettle hay	90	32	42	79
Oat hay, green	61	54	10	36
Timothy hay	47	44	11	51
Vetch hay	78	63	11	72
Wheat hay, green	78	50	22	53
Oat straw	30	30	25	35
Artichoke tops	68	59	56	77
Beet tops, fresh	83	72	89	92
Beet tops, dried	67	69	69	85
Cabbage	99	83	88	103
Gout weed	73	54	82	85
Marrowstem kale	86	72	33	88
Sow thistle, green	75	63	77	93
Fodder beets	66	80	100	96
Carrots	86	79	56	98
Celery	77	91	93	99
Potatoes, steaned	68	85	83	98
Turnips	91	103	82	101
	75	89	28	91
Barley	85	106	12	89
	81	92	45	92
Maize	84	93	146	92
	81	92	19	79
Oats	79	98	24	79
Sorghum	72	69	103	91
Rye	69	81	25	92
	79	82	54	93
Wheat	83	92	28	95
	85	100	28	97
Wheat bran	83	77	24	65
Burdock seed meal	90	97	33	58
Groundnut cake	91	101	49	96
Linseed oil cake	86	99	20	81
Mustard seed meal	75	100	32	87
Rapeseed cake	76	95	64	70
Sesame cake	91	101	73	84
Soya beanoil cake	90	96	52	96
Fishmeal	75	100	-	48
Dried bread	95	98	-	101
Kitchen waste	70	80	50	80

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995) Official Methods of Analysis (16th edition (ed. By Helrich), AOAC. Arlington. VA.

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3:41-43.

***- Analysis methods:**

- Chemical composition of the control and experimental diets (SBM, NSM and SFM), and feces were analyzed according to A.O.A.C. (1990).
- Relative contribution of soft faeces to dry matter crude protein intake were calculated according to Fraga et al., (1991) as follows:
- Relative contribution of SF to dry matter intake = (SF excretion, g DM/day) ÷ (feed intake, g DM / day + FS excretion, g DM/day) x 100.
- Relative contribution of SF to crude protein intake =
- (CP excreted in soft faeces, g/day) ÷ (CP ingested in feed, g/day + CP excreted in soft feces, g/day) x 100.
- Caecal turnover rate calculated according to Garcia et al., (1995) as follows:
- Caecal turnover rate =
- [SF production (g DM / d) ÷ caecal contents (g DM)] x 100.
- A.O.A.C. (1990). Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis. 15th Edition. Washington D.C.
- Fraga, M. J.; Preez de Ayala, P; Carabano, R. and De-Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the4 contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbit. Journal Animal Science, 69: 1566-1574.
- Garcia, J.; De-Blas, C.; Carabano, R. and Gracia, P. (1995). Effect of type of luecern on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. Reproduction Nutrition Development, 35: 267-275.

***- Heal digestibility :**

NZW adult males rabbits weighing 3-3.5 kg were fitted with a single T glass cannula in the terminal of ileum according to the technique described by Gidenne (1988). Each three cannulated rabbits were kept in individual metabolic wire cages (45x45x35 cm).

After 7 days of adaptation (ad libitum) to each experimental diets, rabbit were housed in a special hammock with an opening to admit cannula Plastic neck collars were used to prevent coprophagy.

Fekete, S. and Gippert, T. (1986). Digestibility and nutritive value of nineteen important feedstuffs for rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 9 (3) 103-108.

Perez, J. M.; Lbas, F.; Gidenne, T.; Martens, L.; Xiccato, G.; PerigiBini, R.; Dallo-Zotte, A.; Cossu, M. E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabario, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M A.; Cervera, C,; Blas, E., Fernandez-Carmona, J.; Falcao, E. Cunha; Cmnha, M. L. and Bengala Freire, J. (1995). European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. World Rabbit Sci., 3:41-43.

Gidenne, T., (1988). Ileal digestibility measures on cannulated rabbits. The 4th Congress of W.R.S.A. Budapest, Hungary, 345-350.

A series of six collections of ileal digesta (ileal flow) were performed during three days (2 collection / day) with a time interval such to cover a 24 h cycle. Ileal apparent digestibility coefficient (IADC) was calculated according to Gidenne (1992) as follows:

$$IADC = (DI + SFI - IF) \times 100 / DI .$$

Where:

DI = Diet intake (g)

SFI = Soft faeces intake (g)

IF = Ileal flow (g)

Gidenne, T., (1992). Effect of Fiber level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbits. British Journal Nutrition, 67, 133-146.

***- Faecal digestibility:**

Digestibility was carried out using male NAW rabbits (rabbits in each group). Rabbits were kept individually in metabolic cages that allowed collecting faece and urine separately. Rabbits of each group were offered one of the experimental diets. After 14 days of adaptation period to each diet, the actual consumed feed and faeces output were measured during 5 consecutive days according to European reference method for rabbit digestion trials (Perez et al., 1995). Samples of daily faeces (20%) of each rabbit were collected every day, dried at 60 – 70 °C for 48 h, bulked, mixed finally ground and kept for chemical analysis.

تقدير الالياف :

*- Dried samples were analyzed for fiber fractions, natural detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL) using Tecator Fibretic System according to Goering and Van Soest (1970) Procedures. Hemicellulose was calculated as the different between NDF and ADF, while cellulose was calculated as the difference between ADF and ADL.

Goering, H. K. and P.T. Van Soest (1970). Forage fiber analysis (apparatus, reagent, Procedures and some applications). ARS, US. Dept. Agr. Handbook, Washington, DC. 20402.

The Effect was calculated according to the following equation: EEf=A-B/B X100

Where A is selling coast of obtained gain (LE per kg) and B is the feeding coast of this gain. The

DE Kcal/g = 4.36 – 0.0491 x NDF %.

NDF % = 28.924 + 0.657 x CF%.

Cheeke, P.R (1987).

Rabbit feeding and nutrition. Academic Press, Oriando, Florida, USA.

---

*-Determinations of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL), were carried out in dried samples by Van Soest et al., (1991). Relative contribution of soft faeces to dry matter and CP intake were calculated according to Fraga et al., (1991). Caecal turnover rate was calculated according to Garcia et al., (1995).

Van Soest, P. J.; Robertion, J. B.; and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597).

Fraga, M. J.; Perez de Ayala, P.; Carabano, R. and De Blas, J. C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbit. J. Anim. SAci., 69: 1566-1574.

اختبارات الذبح :

*- Rabbits (rabbits per each group) were randomly slaughtered at the end of the 14th week of age (marketing age). Rabbits were weight and slaughtered after fasting for 12 hours (Lukefahr et al, 1992). Carcass trails were evaluated according to Blasco et al. (1992) after slaughtering and complete bleeding (Within 30 minutes) K Hot carcass weight (HCW) including liver, Kidneys, head, lungs, esophagus, trachea, thumus and heart was ontained after slaughter.

Dresing percentage was estimated as hot carcass weight (HCW) relative to pre-slaughter body weight. Giblets weight (liver, kidneys, heart and spleen) and carcass components were obtained and their proportion to the live body weight were calculated. Cold carcass weight (CCW) was obtained after refrigerating the hot carcass between 0 and 4 °C for 24 hors.

Drip loss percentage was calculated as [(HCW – CCW / HCW] x 100.
The chemical composition of rabbits meat was carried out according to A.O.A.C. methods (1990).
Energy values (EV) of rabbit meat (cal/100g) were calculated according to winton and Winton (1958) as follows:
EV (cal/100g) = 4.1 (% Protein + % Carbohydrates) + 9.3 (% Fat).
Lukefahr, S.D.; Van-Vleck, L.D. and Roberts, J. D. (1992). Estimates of components of variance and covariance of carcass traits in rabbits using animal model.
A.O.A.C. (1990). Association of Official Analytical Chemists, Official methods of analysis. 15th Edition. Washington D.C.
Winton, A. L. and Winton, K. B. (1958). Okaloffs Magnesium Oxide Distillation Volumetric Method. The Analysis of Foods, pp. 848. John Wiley, New York, Chapman Hall, Ltd. London.

*- At the end of the experimental period, rabbits from each group were randomly taken, fasted for 12 hours and slaughtered to evaluated carcass characteristics. Heart, Kidneys, Liver and other organs were weighed and percentages were calculated according to Steven et al., (1981). Carcass composition and meat/bone ratio of hind leg were recorded.
Steven, W.D., W.D. Hohenboken, P.R. Cheeke, N.M. Potton, and W.H. Kennich (1981). Carcass and meat characteristics of Flemish giant and New Zealand White purebred and terminal cross rabbits, Journal of Applied Rabbit Research, 4:66-71.

تحليل الدم :

*- Blood samples were taken at the time of slaughter from the ear vein from each rabbit. Total protein was determined according to Doumas and Biggs (1972) and albumin by colorimetric method of Doumas et al. (1971). Globulin value was obtained by subtracting the value of albumin from the corresponding value of total protein. Creatinine was determined by the colorimetric method of Bartles et al. (1972) and total cholesterol by the method of Richmond (1973). AST and ALT values were determined calorimetrically according to Reitman and Franke (1957).
Doumas, B.T. and H.G. Biggs (1972). The colorimetric determination of total protein in serum or plasma. Standard Methods of Clinical Chemistry, Vol.(7). Academic Press. New York.
Doumas, B.T., W. Wabson and H.G. Biggs (1971).Albumin standards and measurement of plasma albumin with bromocresol green. Clin. Chem. Acta., 31:87.
Bartles, H., M. Bohmer and C. Heirli. (1972). Determination of creatinine in blood plasma by colorimetric kinetic method. Clin. Chem. Acta., 37:193
Richmond, W. (1973). Preparation and properties of a cholesterol oxidase from Nocardia sp. And its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. Clinical of Chem., 19:1350.
Reitman, S. and S.I. Franke (1957). Determination of AST and ALT in serum. American Journal of Clinical Pathology, 28:56-59.
Inernal fat weight (%).
Meat / bone ratio.
Blood samples were taken from male rabbits of each diet to determine urea and ammonia by using commercial kits and colorimetically methods, following the same steps as described by manufactures. The microbial content of the caecum of same slaughtered rabbit (6 rabbits/diet) was estimated in their selective media, as described by Bryany and Robinson (1961) for total microbial count, Hungate (1957) for Cellulolytic bacteria, Difco (1971) for ureolytic bacteria and DE man and Sharpe (1960) for Lactobacilli, Technique of colony forming unit (CFU) was adopted. Incubation took place at 30°C for 2-7 days. Data of growth experiment, digestibility, nitrogen balance, caecal microbial count and blood were statistically analyzed for the effect of dietary treatments using the General Linear

Model Program of SAS (1990), Duncan`s multiple range test was performed (Duncan, 1955) to detect significant differences means.

Bryant, M. P. and Robinson, I. M. (1961). An improved nonselective culture medium for ruminal bacteria and its use in determining diurnal variation in numbers of bacteria in the rumen. J. Dairy Sci., 44: 1446.

Hungate, R.E. (1957). Micro-organisms in the rumen of cattle fed a constant ration. Canadian J. of Mictobiol. 3: 289-311.

Difco, M. (1971). Dehydrated culture media and reagent for microbiological clinical Laboratory Procedures.

SAS Institute (1990). SAS User`s Guide: Statistics Version, Fifth Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11:1-42.

Emmert, J. (2000). Effeciency of phase feeding in broilers. Proceeding California Animal Nutrition Conference, May 10-11. Fresno California, USA.

(٣) الأسماك :

القيمة الهضمية والغذائية :

*- All ingredient were first ground to a small particle size (approximately 250 μm) in a Wiley mill. Dry ingredients were thoroughly mixed prior to adding water to 40% moisture. Diets were passed through a mincer with die into 3-mm diameter spaghetti-like strands, sun dried and stored in airtight containers. Proximate composition of the experimental diets was determined according to A.O.A.C (1995), while crude fiber in fish diets was determined according to methods of Berdon and Juko (1961). Total carbohydrate content (NFE) of diets was calculated by difference. (100- (moisture + crude protein + crude fat + crude ash + crude fiber)). Gross energy (GE) was calculated using the gross energy values for the macronutrients (23.4 kj g^{-1} protein, 39.8 kj g^{-1} fat and 17.2 kj g^{-1} carbohydrate, fiber was not included in calculation) according to Lovell, 1989.

A.O.A.C (1995). Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis, 16^{th} edition, AOAO, Arlington, VG, USA.

Berdon, R. M. and C. D. Juko (1961). A semi-micro technique for crude fiber determination. Journal Science Food and Agricultutre 12, 196-201.

Lovell, R. T. (1989). Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold. New York, New York USA.

Sci., 3: 41-43.

*- The energy value of each diet was calculated using the gross energy values for the macronutrients (5.6 kcal/g protein, 9.5 kcal/g fat and 4.1 kcal/g carbohydrate, fiber was not included in calculation). The experimental diets were pelleted, dried and stored at -20°C until used as described in a previous work of El-Saidy and Gaber (2001). The calculated essential amino acid concentrations in the experimental diets met or exceeded those recommended by Santiago and Lovell (1988). For digestibility tests 0.5% Chromic oxide was included in the diets as an inert indicator (Cho and Kaushik, 1990). Each diet was given to triplicate groups of fish. The feeding rates ranged from 4% of fish weight at the begining to 2% at the end of the feeding trial (NRC 1993).

El-Saidy, D.M.S. and Gaber, M. M. A. (2001). Linseed meal-its successful use as a partial and complete replacement for fish meal in practical diets for Nile tilapia, Oreochromis niloticus L. Second Inter. Conf. on Animal Prod. and Health in Semi-Arid Areas.

Santiago, C. B. and Lovell, R. T. (1988). Amino Acid requirement for growth of Nile tilapia. Journal of Nutrition, 188: 1540-1546.

Cho, C. Y. and Kaushik, S. J. (1990). Nutritional energetics in fish: protein and energy utilization in rainbow trout. In Bourne, G. H. (ED), Aspects of Food Production, Consumption and Energy Values, Word Rev. Anim. Nutr., Vol. 61: 132-172.

NRC (National Research Council) (1993): Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes, National Academy of Sciences, Washington, DC, 102 pp.

Apparent nutrient digestibility:

*- After one month from beginning of the experiment, the feces were collected from each aquarium every morning before start feeding for one month period. The feces were collected on filter paper for drying and subsequent chemical analysis according to AOAC (1995) was performed. Apparent nutrient digestibility were calculated using the formula of Maynard and Loosli (1969).

Apparent nutrient digestibility (%) =

$$100-(100x \frac{\%\ Cr_2\ O_3 \text{ in feed}}{\%\ Cr_2\ O_3 \text{ in feces}} \times \frac{\%\ \text{Nutrient in feces}}{\%\ \text{Nutrient in feed}}$$

AOAC (1995)

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (1969). Animal nutrition, 6th edition Mc Graw-Hill, New York, NY, 613 PP.

*- The apparent digestibility coefficients (ADC) for Protein, lipid, ash and energy were calculated using the formula of Maynard and Loosli (1969).

ADC = 100 x { 1-(% dietary Cr2O3/fecal Cr2O3 x % fecal nutrient/ % dietary nutrient)}.

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (Editors) (1969). Animal Nutrition, 6th edition, McGraw Hill Book Company, London, 613 pp.

Growth response, production and feed utilization parameter were calculated as follows: SGR ($\%day^{-1}$) = 100 (Ln final weight – Ln initial weight)/ days; Total production = final biomass (kg/m^3); Net production = final biomass – initial biomass (kg/m^3); Gain in weight (g/fish) = mean body weight – mean initial body weight; Gain in total length=mean final body total length-mean initial total length (cm/fish); Condition factor (k) = 100 (wt/L3), where Wt is fish body weight (g), L is total length (cm) ; Feed conversion ratio (FCR)= total dry feed fed (g)/total wet weight gain (g); Feed intake (g/fish) was recorded daily and calculated at the of the experiment. Net income was determined by the difference between the sale price of the fish after harvest and the costs of fingerlings and food according to Hengsawat, et al., (1997).

Hengsawat, K.; F.J. Ward and P. Jaruratjamorn (1997). The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (Clarias gariepinus Burchell. 1822) culture in cages. Aquaculture 152, 67-76.

*- Apparent digestibility coefficients (ADC) were measured at the end of the experiment using three aquaria for each treatment supplied with fresh declorinated water; about one third of the water volume in each aquarium was replaced daily with aerated fresh water after cleaning and removing the accumulated excreta. All aquaria were aerated. A photoperiod of 12h lights, 12h dark (08:00 to 17:00h) was applied. Illumination was supplied by fluorescent ceiling lights. Feces samples were collected from each aquarium every morning before feeding. The feces were collected by filtering net and collected on filter paper for drying and subsequent chemical analysis through the experimental period. Apparent digestibility coefficients (ADC) for protein, lipid , ash and energy were calculated using the formula of Maynard and Loosli (1969):

ADC=100 x { 1-(% dietary Cr2O3 / fecal Cr2O3 x % fecal nutrient / % dietary nutrient)}.

Golterman H.L, Clymo R.S. and Ognstad M.A.M. (1978). Methods of physical and c chemical analysis of fresh waters, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 214 pp.

Maynard, L. A. and Loosli, (1969). Animal Nutrition, 6th edition. McGraw Hill Bew York, USA.

Fish were homogenized for whole body composition and frozen at - 18°C until analyzed. Samples were analyzed as follows: dry matter after desiccation in an oven (105 °C for

24h), crude protein (micro kjeldahl, Nx6.25), crude lipid (ether extraction by soxlhet method), crude fiber (AOAC, 1995) and gross energy (Ballistic bomb calorimeter, Gallenkamp, England).

AOAC (Association of Official Chemists), (1995). Official methods of analysis, 16th edition, AOAC, Arlington, Virginia.

جدول رقم (٩٣):

Items %	Protein Sources		
	Soybean Meal (SBM)	Nigella seed Meal (NSM)	Sunflower Meal (SFM)
Dry matter (DM) On DM basis %	92.46	93.47	90.98
Organic matter (OM)	95.11	94.58	92.99
Crude protein (CP)	44.21	34.21	31.97
Crude fiber (CF)	1.67	3.07	9.29
Ether extract (EE)	1.45	8.81	5.62
Nitrogen free extract (NFE)	47.78	48.49	46.11
Ash	4.89	5.42	7.01

The digestible energy (DE) was calculated as described by Fekete and Guppert (1986):
DE (kcal/kg DM) = 4253 – 32.6 (CF %) – 144.4 (Ash %).

Seneory analysis

Sensory analysis was carried out on meat stored in a freezer at - 16°Cfor 1 month. Meat samples were boiled in water for 30 min. A trained 12 panel members evaluated the samples using a scale of 1 to 10, Where: 1 was the lowest and 10 being the highest intensity for all. The parameterswere color, taste, flavor, appearance, texture and overall acceptability (Kjos et al, 2000).

Kjos, N. P.; Herstad, O.; Overl and M. and Skred, A., (2000). Effects of dietary fish silag and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. Cand.

سيلاج السمك :

*- Fish silage was prepared using trash fish of unmarke table size, which is unused for human composition, the fish were collected from the local market in kafr El-Sheikin city and well washed, minced and homogenized. One and half percent from each of conce. Sulphuric and cocn. Formic acid were added to the homogenized fish mixture according to Jackson et al. (1984). The fish mixture was transferred thereafter to plastic bags and stored at room temperature for 24 weeks. The chemical analysis of the produced fish silage after 24 weeks storage period is reported in Table (1).

Plankton communities:

*- **Phytoplankton:** phytoplankton was estimated according to methods reported by APHA (1985). The phytoplankton organisms were counted after fixing and preserving the eater sample (on liter) by Lugol`s solution, at a ration of 30 ml to 100 ml sample.

Each sample was allowed to settle overnight, then the supernatant was siphoned off and the volume was adjusted to 100 ml from the fixed sample, then 1 ml was drawn and placed into sedgwich-Rafter cell. It was then microscopically examined for counting by means of a binocular microscopic.

Zooplankton: representative samples, each of 10 liters, were taken from 5 site in each pond and filtered through plankton net (55 micro mesh diameter). The precipitate was transferred into 50 ml water filtrate in a glass bottle and preserved with few drops of 4% formalin solution.

Subsequent microscopic quantatitave analysis for zooplankton organisms was conducted by using a glass counting tray of 3 x 5 x 0.5cm. the results were expressed as number of organisms in one liter of the pond (organisms/L) according to APHA (1985).

Metabolic growth rate (MGR) was calculated as live gain (g) / (initial weight+final weight (g)/2x1000)$^{0.8}$ / duration period in days). The MGR was calculated according to Cho and Kaushik (1985)..

Cho, C. Y. and Kaushik, S. J. (1985). Effect of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In C. B. Cowey, A. M. Macki & J. G. Bell (Editors), Nutrition and Feeding in Fish. Acadmeic Press, London, PP. 95-117.

a) Average weight gain (g/fih) (AWG):

   WG = W2 – W1

   Where: W1 = the initial weight (g)
   W2 = the final weight (g)

b) Average daily gain (ADG):

   Average daily gain (ADG) was estimated according to the following formula.

$$ADG = \frac{W2-W1}{T}$$

   Where: W1 = the initial weight (g)
   W2 = the final weight (g)
   T = Experimental period (d)

c) Specific growth rate (SGR)

   Specific growth rate (SGR) was estimated according to the following equation:

$$SGR = \frac{Ln.\ W2 - Ln.\ W1}{Period\ (days)}$$

   Where: Ln = Natural Logarithm (log)$^{-10}$
   W1 = Mean initial weight (g)
   W2 = Mean final weight (g)

d) Relative growth rate was calculated according to the following equation

$$RGR = \frac{W2-W1}{W1} \times 100$$

   Where: W1 = the initial weight (g)
   W2 = the final weight (g)

e) Feed conversion ratio (FCR)

$$FCR = \frac{Dry\ feed\ intake}{Live\ weight\ gain\ (g)} \times 100$$

f) Protein efficiency ration (PER)

$$PER = \frac{Live\ weight\ gain\ (g)}{Protein\ intake\ (g)} \times 100$$

The apparent nutrient digestibilities of the experimental diets

The fish were fed their last respective meal at 2000 hours, and the feed were collected the next day at 0800 hours. The collected feces were immediately frozen at -20° C until analyzed. These samples of feces were used to determine the apparent digestibility coefficient. The apparent digestibility coefficients (ADC) for nutrients were calculated using the following formula:

ADC $_{nutrient}$ = { 1-(% dietary Cr_2O_3/ % fecal Cr_2O_3 x % fecal nutrient / % dietary nutrient)} x 100.

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (Editors) (1969). Animal Nutrition, 6th edition, McGraw Hill Book Company, London, 613 pp.

Experimental setup

*- During the experiment, the aquaria were supplied with fresh water (chlorine free). Water in aquaria was changed daily after determination of water quality parameters (at 8 h.). IIlumination, from head fluorescent lights, was set to a 14 hours lights: 10 hours dark cycle. Each group of fish was weighed at the beginning and every week throughout the experimental period. Feces were collected during the last month of the experiment and divided into three samples. The samples were used to determine apparent digestibility coefficients (ADC) for protein, lipid and energy according to Maynard and Loosli (1969).

The ADC = 100x[1-(%dietary Cr2O3/%fecal Cr2O3 x % fecal nutrient/ % dietary nutrient)].

Maynard, L. A. and Loosli, J. K. (Editors) (1969). Animal Nutrition, 6th edition, McGraw Hill Book Company, London, 613 pp.

النمو والاداء الانتاجى :

*- At the end of the feeding trial, the fish were weighed and data collected included weight gain %, feed conversion ratio(FCR), protein efficiency ratio (PER) and protein deposition (PD%). FCR, PER and PD (%) were calculated as follows:

FCR = Total feed intake (g) / (Final body weight-initial body weight)(g).

PER = (Final body weight-Initial body weight)(g)/ Total protein intake (g).

PD (%) = 100 x (Final body weight x final body protein – Initial body weight x initial body protein)/ Total feed intake x dietary protein.

Performance were determined according to Cho and Kaushik (1985) as following:

SGR (Specific growth rate) = (Ln final weight – Ln intial weight / No of days experiment).

FER (feed efficiency ratio) = wet weight gain (g) / dry feed intake (g).

FCR (feed conversion ratio) = dry feed intake (G) / wet weight gain (g).

PER (protein efficiency ratio) = weight gain (g) / protein intake (g).

PPV % (protein productive value) = [(final body N – initial body N) / N feed] x 100

ABV (apparent biological value) = PPV / ADC $_{protein}$

Cho. C. Y. and Kaushik. S. J. (1985). Effect of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: C.B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Edittors), Nutrition and feecinf in Fish. Academic Press, London, PP. 95-117.

*- Five fish were randomly sampled from each aquaria at the end of the experiment. They were pooled, ground and freeze-dried, and the body crude protein, lipid, moisture and ash content were determined according to AOAC methods (Association of Official Analytical Chemists, 1995).

AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995) Official Methods of Analysis (16th edition (ed. By Helrich), AOAC. Arlington. VA.

*- Growth response production and feed utilization parameters were calculated as follows: SGR (specific growth rate) (% day^{-1}) = 100 (Ln final weight-Ln initial weight /days; net production = final biomass – initial biomass (kg $tank^{-1}$); gain in weight (g $fish^{-1}$) – mean final body weight – mean initial body weight; gain in total length = mean final body total length – mean initial total length (cm fish-1); condition factor (k) = 100(Wt/L3). Where Wt if fish body weight (BW) (g). L is total length (cm); feed conversion ratio (FCR) = total dry feed fed (g)/total wet weight gain (g); Feed intake (g $fish^{-1}$) was recorded daily and calculated at the end of the experiment. Net income was determined by the difference between the sale price of the fish after harvest and the costs of fingerlings and food according to Hengsawat, Ward and Jaruratjamorn (1997).

Hengsawat, K., Ward and Jaruratjamorn P. (1997). The effect of stocking density on yield. Growth and mortality of African catfish (Clarias garieplnus Burchell 1822) cultured in cages. Aquaculture 152, 67-76.

جودة المياه :

*- Water temperature and dissolved oxygen were measured every other day (at 8:0 a-m) using titration method (Golterman et al., 1978). Dissolved oxygen was ranged between 4.14 to 5.05 mg/l. Total ammonia, nitrate and nitrate were measured using spectrophotometer (Spectronic 601, USA). Alkalinity was monitored twice weekly using titration method of Golterman et al. (1978), pH was monitored daily using an electronic pH meter (pH pen: Fisher Scientific. Cincinnati, Ohio, USA).

Golterman, H. L.; Clymo, R. S. and Ohnstad, M. A. M. (1978). Methods of physical and chemical analysis of fresh water. Blackwell Scientific Piplication, Oxford, 214 pp.

*- Samples of water were taken weekly from each equarium for determination of water temperature using a water thermometer (daily), water pH value using digital pH meter (Orient Research Model 201), dissolved oxygen concentration using an oxygen meter (model 9070) .

Analysis of NO2, NO3 and Hardness were carried out using Kits (Hach international Co., Cairo, Egypt). Analysis of alkalinity was performed using a kit (LaMotte International Co., Cairo, Wgypt).

1. The water temperature was recorded daily in one tank using mercury thermometer suspended at 30 cm water depth.
2. dissolved oxygen were measured daily using a YSI oxygen meter (YSI Model 58 Yellow Springs. OH).
3. Total ammonia. nitrite and nitrate were measured twice weekly using a DREL, 2000 Spectrophotometer. (Hach, LoveLand, Co, USA).
4. pH was monitored daily using an electronic pH meter (pH pen: Fisher Scientific. Cincinnati, Ohio, USA).
5. alkalinity and salinity at monthly intervals in one tank per dietary treatment according to Golterman et al. (1978).

Sampling was performed between 0700 and 0800 h before any exchange of water.

*- Water temperature and dissolved oxygen were measured every other day using YSI model 58 oxygen meter (Yellow Spring Instrument, Yellow Spring, OH, USA). Total ammonia and nitrite were measured once weekly using a DREL 2000 spectrophotometer (Hach, Loveland, Co, USA). Total alkalinity and chloride were monitored once a week using the titration method and pH was monitored twice weekly using an electronic pH meter (pH pen, Fisher Scientific , Cincinnati, OH. USA). During the 28-we3e; feeding trial, the average water quality parameters (± SD) were: water temperature, 27.5 ± 0.7°C ; dissolved oxygen, 5.2 ± 0.5 mgL^{-1} ; total ammonia 0.2±0.1 ; nitrite 0.05 ± 0.03 mgL^{-1} ; total alkalinity. 182 ± 45 mgL^{-1} ; chlorides, 550 ± 120 mgL^{-1} and pH 7.6±0.16.

*- Water quality parameters (temperature, dissolved oxygen, pH, ammonia nitrate and nitrite) were monitored to ensure water quality remained well within limits recommended for common carp. Water temperature and dissolved oxygen were measured every other day using an YSI Model 58 oxygen meter. Total ammonia and nitrate was measured weekly using spectronic 601 spectrophotometer. Alkalinity was monitored twice weekly using the titration methods of Golterman et al. (1978). pH was monitored twice weekly using as electronic pH meter. During the feeding trail, the water quality parameter averaged (±SD): water temperature 27.8±0.8; dissolved oxygen 4.8±0.4; pH 7.4±0.6; ammonia 0.01±0.04 mg/L; nitrite 0.01±0.05 mg/L; nitrate 1.5±0.2 mg/L; alkalinity 181±46 gm/L.

الكفاءة الاقتصادية :

*- Economic evaluation of the experimental diets has been calculated by evaluation the feed cost in Egyptian pounds (L.E) needed to produce 1 kg of alive weight gain of each experimental fish group.
Feed cost (L.E) = (feed cost /kg) X (food consumption)
Price of one kg in weight (Le) (LE/gain "kg") = feed cost /kg) x FCR.

Table : The carcass traits of Tilapia جدول رقم (٩٤)

Criterion		Value range
Final body weight (g.)	وزن الجسم النهائى	98.00 – 115.50
Condition Factor (1)	عامل الوزن الى الطول	1.94 – 2.05
Head percentage (%)	نسبة الرأس المئوية	18.83 – 24.23
Viscera percentage (%)	نسبة الاحشاء المئوية	6.83 – 8.70
Final percentage (%)	نسبة القشور المئوية	3.11 – 4.00
Bons percentage (%)	نسبة العظم المئوية	4.50 - .49
Dressing % (2)	نسبة التصافى المئوية	64.34 - 70.52
Flesh % (3)	نسبة التشافى المئوية	58.08 – 6.70

1- Condition factor = wet body weight (g.) / cubic length (cm) x 100.
According to Weatherly (1972). Growth and ecology of fish Populations. Acdemic Press, New York, N.Y.
2- Dressing percentage = Body weight – (head weight + fins weight + viscera weight) / Body weight x 100.
3- Flash percentage = Body weight – (head weight + fins weight + Viscera weight + bone weight) / Body weight x 100.

(٤) النعام :

*- The present study was carried out on a total number of 1000 ostrich eggs weighed between 1300 and 1500g. eggs were obtained from two local farms during the peak egg production (from May to July 2003) to study the effect of egg shell physical characteristics and its mineral content on hatchability.

Egg Collection:

*- Eggs were collected daily as soon as possible after laying from the breader stock, cleaned and disinfectant immediately as described by Deeming (1997). Each eggs was numbered and identified with a permanent marker. Eggs were stored for up to 7 days in a clean storage room at 18°C and 69% relative humidity as recommended by Gonzalez et al., (1999).

Egg Incubation:

*- Eggs were set in metal – farmed egg trays in a vertical position placed in a commercial multistage incubator with a maximum capacity of 500 ostrich eggs. Eggs were artificially incubated at 36.5 °C and 25% RH and were turned 90° every 3 hours (8 times a day) up to 39 days. Eggs were candled at 14, 21 and 39 days of incubation and unfertile eggs were excluded. On day 39, the fertile eggs were transferred to plastic hatcher baskets in the hatcher up to 45th day. The temperature and humidity profile during hatch were 36 °C and 40% RH. Eggs were candled and checked during hatching period. Eggs were allowed to hatch as possible, although some chicks which had piped were helped by using the method described by Deeming et al., (1993).

The following parameters were measured on each egg:

Egg Weight: the egg weight at day 1 of incubation (at the time setting) was recorded with an electronic digital balance with accuracy of ± 0.01g.

Egg Size: The egg maximum length (long axis, L) and width (short axis, W) were measured in cm by using caliber (1 mm accuracy).

Egg Fertility: Fertility was calculated by the following formula:

$$\text{Fertility \%} = \frac{\text{(All setting eggs – Infertile eggs)}}{\text{All setting eggs}} \times 100$$

Egg hatchability %: Hatchability (%) from fertile eggs were calculated by the following equation :

$$\text{Hatchability \%} = \frac{\text{Number of hatched eggs}}{\text{Number of fertile eggs}} \times 100$$

Percentage of egg weight loss during incubation:

Percentage of egg weight loss (EWL%) during incubation was determined according to Gonzatez et al., (1999) by the following formula:

$$\text{EWL \%} = \frac{\text{(Egg weight day1 – Egg weight day 40)}}{\text{Eggs weight day 1}} \times 100$$

Egg shell parameters:

*- At the end of incubation period (45 days) the fertile eggs were classified into two groups; hatched and non-hatched eggs. The eggs shells of each group were collected, cleaned of adhering shell membrane washed with distilled water to remove all albumin and dried over night at 60 °C then ached. The following parameters were determined:

Eggshell percent:

*- The eggshell percent was calculated according to equation of Christensen et al (1996).

$$\text{Egg shell \%} = \frac{\text{Egg shell weight}}{\text{Eggs weight}} \times 100$$

Christensen et al (1996).

Christensen, V. L., Davis, G.S., and Lucore, L.A. (1996). Eggshell conductance and other functional qualities of astrihc eggs. Poult. Sci., 75: 1404-1410.

Egg shell porosity:

*- Egg shell porosity was determined by averaging pore count obtained from discretionary sampling at 5 independent 1cm2 sites on an egg surface. The sites were chosen approximately equidistant along the equator to better visualize and facilitate a more accurate counting of porosity. Each selected site was dyed with a food-gard blue dye, before counting. A clear dichotomy of pore size, small and large, was observed according to Gonzatea et al., (1999).

Egg shell thickness:

*- Egg shell thickness was obtained by averaging thick measurement made at the same five shell sites used to determined porosity. A slip clutch micrometer was used to make individual thick estimate to the nearest 0.01 mm.

Egg shell mineral content:

*- The egg shell contents of Ca, Mg, Zn and Mn, were determined by using Atomic Absorption Spectrophotometer (Buck Scientific, Model 210 VGP). Shell P was determined using the calorimetric technique of Goldenberg and Fernandez (1966).

Post-hatch chisck`s weight:

*- Post-hatch chicks were weighed just after completely hatched using an electronic balance accurate to ± 0.01 g. the non-hatched eggs were opened at the 43rd day when candling revealed that the chick was died and weighed after removal of all membranes.

Deeming, D.C. (1997). Ratite egg incubation. A practical Guide. Ratite Conference, Buckingjam shire., UK.

Gonzalez, A., Satterlee, D. G., Moharerm F., and Cadd. (1999). Factors affecting astrish egg hatchability. Poult. Sci., 78: 1257-1262.

Goldenberg, J., and Fernandez, A. (1966). A implified method for estimation of inorganic phosphorus in body fluids. Chin. Chem. 12:871-876.

(٥) قياس الحرارة والرطوبة فى الحيوان

*- Ambiement templerature (Ta) and relative humidity (RH%) were recorded simultaneously while measuring the physiological responses using the method described by hertig (1968). The temperature-Humidity index (THI) was calculated from ta and RH according to Hahn et al. (2003):

$$THI = ((TDB*1.8)+32)-((0.55*(RH/100)))*(((TDB*1.8)+32-58).$$

Where:

TDB = Dry bulb temperature in °C .

RH= Relative humidity in % .

*- The physiological parameters were taken twice daily, at maximum Ta from 12.00 to 14.00 and at minimum Ta at night from 05.00 to 07.00. Rectal temperature (RT, °C) was measured using a clinical thermometer. Skin temperature (ST, °C), ear temperature (ET, °C) and coat surface temperature (CST, °C) were measured using the Minolta/Land Cyclops Compac 3 portable infrared thermometer. Respiration rate (RR) was measured by counting the flank movements in one minute. Respiratory minute volume as I/minute (GV) was measured by Dry Gas Meter. Tidal volume was calculated by diving GV/RR. Heat production (HP), measured as fasting metabolic rate, Kcal/BW0.75 Per day, was calculated using the equation of Brouwer (1965). The measurement of oxygen consumption (VO2) and carbon dioxide production (VCO2) were made using the open-circuit technique according to Yousef and Dill (1969). Oxygen consumption was calculated from the oxygen dficit in expired air using oxygen analyzer (Servomex 570). The rate of carbon dioxide production was calculated from the CO2 increased in expired air obtained from infrared GAS Analyzer (Model-AR-411).

hertig (1968).

Brouwer, E., (1965). In energy metabolism (ed). K.L. Blaxter, PP. 441-443. Proceedings of 3rd symposium of Energy Metabolism. London, Academic Press.

Hahn, G. L., T.L. Mader and R.A. Eigenberg, (2003). Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. Interactions between climate and animal production. EAAP Technical Series No. 7, 31-45.

Yousef, M. K. and Dill, (1969). Energy Expenditure in desert walks: man and Burro, Equus asinw. J. Appl. Physiol., 27: 681.

*- Temperature humidity index (THI) is commonly used as an indicator of the degree of climatic stress on animals where a THI of 72 and below is considered as no heat stress (cool), 73-77 as mild heat stress, 78-89 as moderate and above 90 as severe (Fuquay, 1981).

*- Rectal temperature (RT, °C) was measured using a clinical thermometer, THI was calculated based on Thorm (1959) equation. Respiration rate (RR) was measured by counting the flank movements in one minute. Respiratory minute volume (Mv, I/ minute) was measured by Dry Gas Meter. Tidal volume was calculated by dividing GV/RR. Heat Production (HP) (measured as fasting metabolic rate, kcal/BW0.75 per day) was calculated using the equation of Brouwer (1965). the measurement of oxygen consumption (VO2) and carbon dioxide production (VCO2) were made using the open-circuit technique according to Yousef and Dill (1969). Oxygen consumption was calculated from the oxygen

deficit in expired air using oxygen analyzer (Servomex 570). The rate of carbon dioxide production was calculated from the CO2 deficit in expired air obtained from infrared Gas Analyzer (Model-AR-411).

*- Bligh and Johnson (1973) defined the UCT as the ambient temperature above which thermoregulatory evaporative heat loss processes of a resting thermoregulating animal are recruited. They defined TNZ as the range of ambient temperature within which metabolism rate is at a minimum, and within which temperature regulation is achieved by nonevaporative physical processes alone.

Bligh, J. and Johnson, K. G., (1973). Glossary of terms for thermal physiology. J. Apple. Physiol., 35:941-961.

Brouwer, E., (1965). In energy metabolism (ed). K.L. Blaxter, PP. 441-443. Proceedings of 3rd symposium of Energy Metabolism. London, Academic Press.

Fuquay, J. W., (1981). Heat stress as it affects animal production. J. Animal Sci. 52, 164-169.

Yousef, M. K. and Dill, (1969). Energy Expenditure in desert walks: man and Burro, Equus asinw. J. Appl. Physiol., 27: 681.

*- Rectal (RT). Skin (ST) and ear (ET) temperatures were measured using telethermometer (Model 43 TD, Yellow Springs Instrument Co. Ohio, USA). Respiration rate (RR) was measured by counting flank movements per minute. Respiratory minute ventilation (MV) was measured by a wet test meter (Model GCA/Precision Scientific), from which tidal volume (TV) was calculated (MV/RR). The rate of oxygen uptake (VO2) was measured using Taylor servomex (Type 0A272) and the rate of carbon dioxide output (VCO2) was measured by a carbon dioxide analyzer (Model AR-400). Respiratory gases were collected from each animal using a muzzle-mask technique (Yousef and Dill, 1969). Blood hemoglobin concentration (Hb) and hematocrit (Hct) value were determined according to Bauer (1970). Plasma total protein (TP) according to the Biuret method (Gornall et al., 1949) and albumin (A) by the colorimetric method of Doumas et al., (1971). Plasma globulin (G) was calculated by the subtraction of albumin from total protein. Plasma concentrations of T4 and T3 were measured using RIA kits (Immunotech, A Beckman Coulter Company, France).

Bauer. J.D. (1970). Haematology. Gradwoll Clinical Laboratory Methods and Diagnosis edited by Frankel S. Reiman S. and Sonnen A.C. (The CV Mosby Co., USA). PP. 403-495.

Doumas. B.T., W. A. Watson and H. G. Biggs (1971). Albumen standard and the measurement of serum albumen with bromocresol green. Clin. Chem. Acta. 31:87-96.

Gornall, A. G. C.J Bardawill and M. M. David (1949). Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. J. Biol. Chem., 177:75-79.

Yousef, M. K. and D. B. Dill, (1969). Resting energy metabolism and cardio respiratory activity in the burro, Equus asinus, J. Appl. Physiol., 27:299-232.

دراسات عملية على التمثيل الغذائي [*]

تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية:

- تعريف الطاقة ووحدات قياسها.
- مسار الطاقة داخل جسم حيوان وحيد المعدة وحيوان مجتر.
- تقدير الطاقة باستخدام المسعر الحرارى (تركيب الجهاز، طريقة العمل ، المميزات، خطوات الحساب، أمثلة ومسائل).

طرق دراسة التمثيل الغذائى (تجارب الهضم):

١- تجارب الهضم In-Vitro & In-Vivo.
٢- تجارب الهضم Markers & In-Situ.

طرق أخذ العينات وحفظها للتحليل:

١- عينات الكرش.
٢- عينات البول.
٣- عينات الروث.
٤- عينات الدم.
٥- عينات اللحم.
٦- عينات البيض.
٧- عينات اللبن.

التمثيل الغذائى وعلاقته بالأمراض:

١- تقدير سكر الجلوكوز عمليا- وظائف الكبد ، القلب والكلية.
٢- التسمم الناتج عن عمليات التمثيل الغذائى ونزع هذه السمية.

الانزيمات والتمثيل الغذائى:

دراسة نشاط الانزيمات (تعريف نشاط الانزيم).
العوامل التى تؤثر على نشاط الانزيم (تركيز الانزيم، تركيز مادة التفاعل، تأثير درجة الحرارة، تأثير الوقت، تاثير درجة PH وتأثير المثبط الانزيمى).

الهدف من دراسة التمثيل الغذائى للطاقه :

(١) معرفة مدى استفادة الحيوان او الطائر من الغذاء وبالتالى يمكن المفاضله بين مادتين غذائيتين.
(٢) الكشف عن بعض الامراض المرتبطه بالتمثيل الغذائى وبالتالى معرفة الاسلوب الامثل للعلاج .

تعريف التمثيل الغذائى للطاقة :- " Metabolism " يوجد تعريفين :

* **الأول:** هو جميع العمليات الحيوية التى تتم على الغذاء منذ الدخول عن طريق الفم حتى الخروج من الجسم من خلال المخارج الطبيعية له.

* **الثانى:** يقصد به جميع الخطوات المتتالية لعمليات البيوكيميائية التى تحدث داخل الكائن الحى على الغذاء المهضوم والممتص من خلال عمليتين:

(١) عملية البناء: Anabolism

وهذه العملية عبارة عن بناء مركبات معقدة من مواد أبسط فى التركيب ، أى أن هذه العملية تحتاج الى طاقة وتسمى "Endergonic".

(٢) عملية الهدم:Katabolism

وهذه العملية عبارة عن تكسير مركبات معقدة لمواد أبسط فى التركيب ، أى أن هذه العملية ينتج منها طاقة ويطلق عليها " Exergonic ".

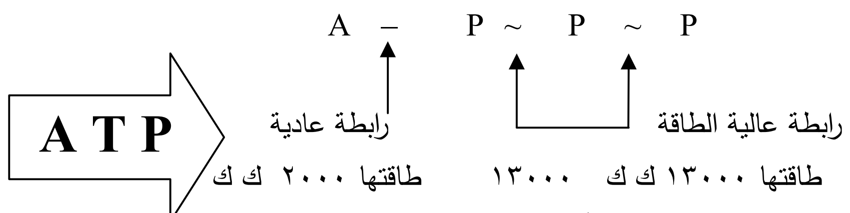
-ويتم ذلك فى وجود مركبات وسيطة لعمل هذه الطاقة من مكان لآخر بالجسم ، وهذين العمليتين يحدثان مع بعض لآن الطاقة الناتجة من الهدم تتجه الى البناء .

وينتج عن ذلك:

أ) الطاقة التى يستفيد منها الحيوان (حفظ الحياة ، الإنتاج) .
ب) بعض المواد الضارة بالجسم (اليوريا) يتم التخلص منها بخروجها فى البول كما أن هناك مواد أخرى يتم التخلص منها عن طريق العرق أو التنفس .
س .. ما الذى ينقل الطاقة من الهدم الى البناء ؟!

[*] د. عادل عيد محمد "مدرس " – هانى محمد رمضان "مدرس مساعد" (قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة القاهرة).

يتم النقل عن طريق مركبات ناقلة للطاقة تسمى بالمركبات الوسيطة ومن اشهرها هو مركب " ATP " (أدينوزين ثلاثى الفوسفات).



** واذا تم حرق الـ ATP يعطى ٢٨٠٠٠ كيلو كالورى أى مجموع طاقة هذه الروابط .

تقدير الطاقة

الطاقة ليست مركب غذائى ولكنها خاصية من خواص مواد العلف المحتوية عليها عند أكسدتها خلال عمليات التمثيل الغذائى. ومحتوى الطاقة فى مواد العلف أو فى العليقة الكاملة يمكن أن يعبر عنه بطرق مختلفة تتضمن وحدات القياس لكل شكل من الأشكال المقدره للطاقة (مثل الطاقة المهضومة أو الطاقة الممثلة..) لأن الطاقة الممثلة تعتبر هى الشائعة أو المستخدمة لتقدير الطاقة المتاحة بالنسبة للدواجن فهناك عدد من الطرق لتقديرها وذلك عن طريق التقدير الحيوى المبنى على تحليل الغذاء والروث.

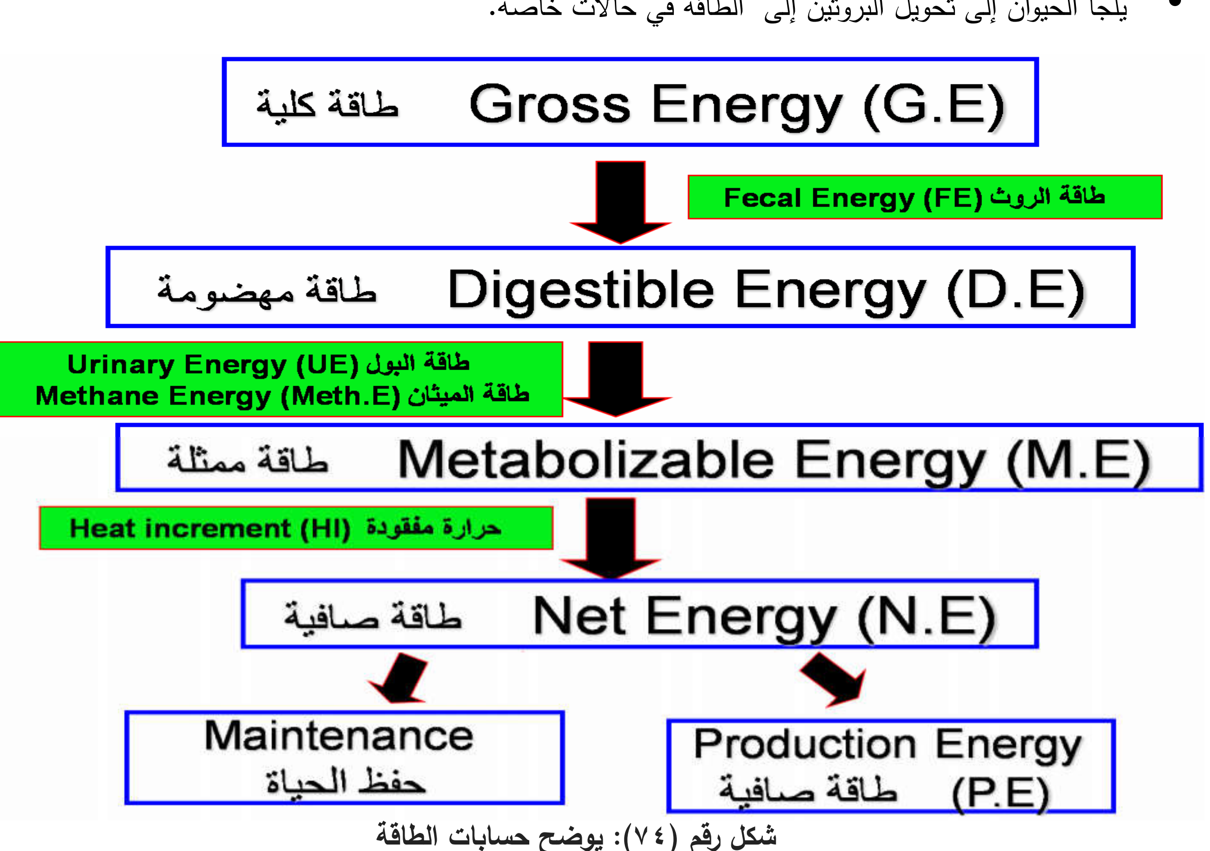
تعريف الطاقة

- هي القدرة على بذل شغل وهى اللازمة لإتمام الحياة .
- كل مكونات الغذاء تستهدف في إنتاج الطاقة.

مصادر الطاقة:

١- الكربوهيدرات.
٢- الدهن.
٣- البروتين .

- يلجأ الحيوان إلى تحويل البروتين إلى الطاقة في حالات خاصة.



شكل رقم (٧٤): يوضح حسابات الطاقة

- **الطاقة الكلية Gross energy (E):** هى كمية الحرارة الناتجة عن الحرق الكامل للمادة الغذائية وأكسدة المادة الغذائية بالكامل إلى CO_2، وماء وهى عموماً تقاس باستخدام ضغط جوى ٢٥- ٣٠ وذلك فى جهاز bomb calorimeter .
- **الطاقة المهضومة الظاهرية Apparent digestible energy (DE):** وهى ناتج طرح طاقة الغذاء وطاقة الروث.
- **الطاقة الممثلة ME metabolizable energy :** عبارة عن الطاقة الكلية فى الغذاء المستهلك مطروح منها الطاقة الكلية فى الزرق (البول + الروث) وكذلك الإنتاج الغازى نتيجة عملية الهضم ويلاحظ فى الدواجن أن الإنتاج الغازى يهمل ولكن يلاحظ فى الحيوانات ينتج غاز الميثان المحتوى على طاقة.
- **الطاقة الصافية Net energy (NE):** عبارة عن الطاقة الممثلة مطروح منها الطاقة المفقودة داخلياً heat increment والطاقة الصافية (NE) تتضمن الطاقة اللازمة لحفظ الحياه فقط (ME) أو الطاقة اللازمة لحفظ المياه والطاقة الإنتاجية (ME + PE).

تقسيم / تفريد الطاقة فى الغذاء Disposition of dietary energy :

الشكل التالى يوضح أقسام الطاقة المختلفة حيث أن الطاقة تقسم إلى مراحل مختلفة ومثال على ذلك تغذية دجاجة على ١ كيلو جرام مادة غذائية تحتوى على طاقة كلية ٤٠٠٠ كيلو كالورى.

حيث يلاحظ فى الشكل التالى أن جزء حوالى ٢٩٠٠ قادر الطائر على تمثيله وحوالى ٢٣٠٠ كيلو كالورى متاح لحفظ المياه والانتقال بين خلايا أنسجة الجسم والبيض (الطاقة الصافية) كما فى الشكل التالى:

البيض والأنسجة	الطاقة اللازمة لحفظ الحياة	الطاقة المفقودة داخلياً	بول	روث
٨٠٠	١٥٠٠	٦٠٠	٣٠٠	٨٠٠
٤٠٠٠ كيلو كالورى طاقة كلية				
٣٢٠٠ كيلو كالورى طاقة مهضومة				
٢٩٠٠ كيلو كالورى طاقة ممثلة				
٢٣٠٠ كيلو كالورى طاقة صافية (لحفظ المياه + الانتاج)				

شكل رقم ٧٥ يوضح تقسيم الطاقة

تقدير الطاقة الممثلة:

يتم تقدير الطاقة الممثلة بعده طرق حيويه:

١- حيث يتم حساب كمية العليقة المأكولة وكذلك يتم تجميع الروث لفترة تتراوح ما بين ٢-٥ أيام. ويتم تقدير الطاقة الممثلة من خلال التقدير الفعلى لكمية الغذاء المأكول وكذلك الروث والإفرازات الخارجة

٢- أو يتم تقديرها بتقدير النسبة بين المادة الجافة المأكولة وبين الإفرازات الخارجة بإستخدام دليل مثل أكسيد الكروم Cr O3 إلا أن هذه الطريقة بإستخدام الدليل قد تؤدى إلى بعض الإنحرافات عند تقدير قيم الطاقة الممثلة.

٣- هناك طريقة حساب الطاقة الممثلة بإستخدام معادلات التنبؤ.

صور الطاقة:

١) الطاقة الضوئية:

الأساس فيها الشمس حيث تعتبر المصدر الأول للطاقة وتتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية بصورة عالية جداً أثناء عملية البناء الضوئى فى النبات.

مثال: لتكوين ا مول من السكر يلزمه كمية من الضوء تعادل ٤٨ كوانتم " Quantum " والسكر المتكون يمكن أن يستفيد منه الكائن الحى فى العمل الميكانيكى أو نقل النبضات الكهربية ...... إلخ.

٢) **الطاقة الكهربية:** مثل الموجودة فى العصب البصرى.

٣- **الطاقة الصوتية:** مثل التى تنتج فى عظام الأذن الوسطى.

٤- **الطاقة الإشعاعية:** تتكون نتيجة لتغير الجزيئات أو الأيونات.

٥- **طاقة الغذاء:** حيث تستخدم الغذاء كمصدر للطاقة.

٦- **الطاقة الكيميائية**: نتيجة للتفاعلات الكيميائية وعلى ذلك تنقسم التفاعلات الكيميائية إلى:-

أ) تفاعل ماص للحرارة: Endergonic

ويسمى تفاعل بناء $A + Energy \xrightarrow{Endergonic} B$

وهنا طاقة A أقل من طاقة B

ب) تفاعل طارد للحرارة: Exergonic

ويسمى تفاعل هدم $A \xrightarrow{Exergonic} B + Energy$

وهنا طاقة A أكبر من طاقة B

ج) تفاعل متزن: Equilibrium

ومثل هذه التفاعلات طاقة A تساوى طاقة B.

طرق التعبير عن الطاقة

١- بالنسبة للمجترات :

Starch value = S.V معادل النشا.

Total Digestible Nutrients = TDN المركبات الكلية المهضومة.

TDN = (Digestible Fat *2.25) + (Digestible Protein*1) + (Digestible Fiber + Digestible Nitrogen Free Extract *1)

SV = (Digestible Fat *2.20) + (Digestible Protein*1) + (Digestible Fiber *0.94) + (Digestible Nitrogen Free Extract *1)

S.V = TDN *0.95

TDN= SV *1.05

علل : قيمة الـ S.V أقل دائما من قيمة TDN.

لانه يتم خصم مجهود هضم الألياف منه.

٢ - بالنسبة للطيور الداجنة:-

ME الطاقة القابلة للتمثيل (الطاقة الممثلة) .

٣ - بالنسبة للأرانب:-

DE الطاقة المهضومة (الطاقة الممثلة) .

الوحدات المستخدمة في قياس الطاقة:

- **الكالورى** :- هي كمية الحرارة الأزمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية ١٤.٥° - ١٥.٥° مئوية.
- **كيلو كالورى** = ١٠٠٠كالورى .
- **ميجا كالورى** = ١٠٠٠ كالورى – مليون كالورى = ١ ثرم Therm .
- **الجول Jule** : وهو وحدة كهربية وهو عبارة عن كمية الحرارة اللازمة لزيادة سرعة كتلة مقدارها ١ جرام ١سم/ثانية.

  حيث أن الجول = ١ فولت * ١ أمبير * ١ ثانية
- **والكالورى** = ٤.١٨٥ جول وبالتالى الجول يساوى 0,239 كالورى .

تمثيل الطاقة وعلاقته بالتغذية: Energy metabolism in relation to nutrition

***- تمثيل الطاقة Bioenergetics: عمليات نقل الطاقة وميكانيكية تنظيمها ويدرس هذا المصطلح بعدة طرق:**

أ)الكيمياء الحيوية Biochemical: وهو يهتم بنقل الطاقة الحرة الناتجة من التفاعلات الكيميائية التى تتم داخل الكائن الحى.

ب) الفسيولوجى Physiological: وهو يهتم بدراسة الناحية الهرمونية العصبية مثل تنظيم درجة الحرارة وتركيز السكر أو أى مادة أخرى قابلة للتمثيل داخل الجسم.

ج) التغذية Nutritional: يهتم بتوقعات إحتياجات الكائن الحى للطاقة وتقدير إحتواء مواد العلف المختلفة من الطاقة لمواجهة هذه الإحتياجات.

أ – حساب الطاقة بطريقة غير مباشرة:

*- وذلك عن طريق حساب كلاً من TDN أو SV ثم منها يتم حساب التالى:

ME= TDN * 4.200
= SV * 3.761
= 0.63 of GE

*- كم أنه توجد علاقة بين الطاقة الممثلة ME والطاقة الإنتاجية PE وهى:

PE = 0.65 of ME

(ب) تقدير الطاقة في عينة من (مادة علف – زرق – روث – بول – لبن- ميثان) بطريقة مباشرة

يتم التقدير بواسطة المسعر الحرارى Bomb Calorimeter



١٠ ← قطاع طولى فى المسعر الحراري

شكل ٧٦ يوضح جهاز المسعر الحرارى إلى اليسار وإلى اليمين قطاع طولى فى المسعر الحرارى

١- موتور (محرك كهربى).
٢- بطارية (مصدر للتيار الهربى).
٣- ترمومتر باكمان.
٤- القميص الخارجى.
٥- فتحة ضخ الكسجين.
٦- بمبة المسعر.
٧- السلك الذى يولد الشرارة الكهربية اللازمة لحرق العينة.
٨- بوتقة إحتراق.
٩- وعاء التسعير به ماء.
١٠-قطاع طولي في المسعر الحراري.

خطوات العمل:

١-توزن عينة من الغذاء أو الزرق المجفف أو الروث في حدود ١جم.
٢-تكبس العينة في المكبس الآلي لتصبح في صورة قرص ثم توزن بالضبط ثم يلف حوله سلك من البلاتين ثم يوضع في البوتقة.
٣-توضع البوتقة داخل البومبة ويوصل طرفي السلك البلاتين بقطبي مصدر كهربي.
٤-يملأ الإناء الداخلي بحوالى٢لتر من الماء المقطر البارد ثم يغلق من أعلى.
٥-يمرر تيار من الـ O2 إلى داخل الإناء تحت ضغط ٢٠- ٢٥ ضغط جوى .
٦-يفرغ الماء البارد داخل الإناء بالمقلب وتلاحظ درجة حرارة الماء باستخدام الترمومتر الذي يجب إلا يلامس الجدار الداخلي خوفا من كسره .

٧-يوصل التيار الكهربي فتحدث شرارة كهربائية فينصهر على أثارها سلك البلاتين وبالتالي تحترق العينة وينتج عن ذلك ارتفاع درجة حرارة الماء .

٨- باستخدام ساعة إيقاف تعطى رنين كل ٣٠ ثانية تسجل درجة حرارة الماء مع كل رنين باستخدام ترمومتر باكمان حتى الوصول إلى درجتين متتاليتين متساويتين .

مراحل الحساب:

١ - المرحلة الإبتدائية:

عبارة عن ٦ قراءات

٢- المرحلة الأساسية:

عبارة عن عدة قراءات يتحدد عددها بالوصول إلى قراءتين متتاليتين متساويتين علما بان أول قراءة في هذه المرحلة هي أخر قراءة في المرحلة التمهيدية.

٣- المرحلة النهائية:

تتكون من ٦ قراءات والقراءة الأولى هي الأخيرة في المرحلة الأساسية.

*- ملحوظة:-

كل قراءة تمثل ارتفاع أو انخفاض في حرارة الماء داخل الإناء نتيجة احتراق العينة .

خطوات الحساب :

١- (المرحلة الإبتدائية):

*- t (متوسط القراءات)= $\frac{\text{مجموع القراءات الستة}}{٦}$

*- V (إنحراف القيم)= $\frac{\text{القراءة الأخيرة – القراءة الأولى}}{٥}$

*- n = عدد قراءات المرحلة الأساسية ماعدا الأولى والأخيرة .

nt = n * t

nv = n * v

٢ - المرحلة الأساسية:

*- T= مجموع قراءات المرحلة الأساسية ماعدا الأولى والأخيرة + متوسط القراءة الأولى والأخيرة – nt.

$$T = \Sigma t - \frac{(T0 + Tn)}{٢} - nt$$

٣- المرحلة النهائية :-

*- t´ = $\frac{\text{مجموع القراءات الستة}}{٦}$

*- v´ = $\frac{\text{القراءة الأولى – القراءة الأخيرة}}{٥}$

*- **خطوات الحساب:**

١- $K = \frac{(v` - v)}{(t` - t)}$

٢- عامل تصحيح الماء Cooling Correction (CC)= TK × NV

٣- الإرتفاع الملحوظ= t5–tn

٤- الزيادة المصححة = (١) + (CC)

٥- التغير فى حرارة البمبة= الزيادة المصححة * المكافئ المائى للمسعر
٦- التغير فى حرارة الماء = الزيادة المصححة × وزن الماء
٧- معامل التصحيح للأحماض والسلك
٨- القيمة الحرارية الحقيقية = التغير فى حرارة البمبة + التغير فى حرارة الماء – معامل التصحيح للأحماض والسلك
٩- حرارة ١ جم = القيمة الحرارية الحقيقية / وزن العينة
١٠-حرارة ١ جم مادة جافة تماماً= حرارة ١ جم * مقلوب المادة الجافة

ملحوظة :

يجب ان تجرى هذه التجربة عدة مرات وأخذ رقم متوسط .

– **أذكر وظيفة كلآ من :**
– **كريات الفلين :** تعمل كعازل .
ترمومتر باكمان : قياس التغير في درجة حرارة الماء .
الترمومتر عادى : قياس الفقد الحراري أثناء احتراق العينة .
الموتور : تجانس درجة حرارة الماء المحيط بالبومبة (٢ لتر ماء).
سلك البلاتين : يولد أول شرارة لاحتراق العينة .

ملحوظة :

يجب ان تجرى هذه التجربة عدة مرات وأخذ رقم متوسط .

*– **فائدة المرحلة الإبتدائية والنهائية:**
**– تصحيح للحسابات : فقد الحرارة من البمبة يمكن معرفته وإضافته للبمبة (المرحلة النهائية) والعكس عند إكتساب البمبة حرارة من الجو فتطرح من حرارة البمبة (المرحلة الإبتدائية)

*– **المكافئ المائى للمسعر:**
**– كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة المسعر درجة واحدة مئوية وهو رقم ثابت (٤٤٠).
**– ويتم تقديره بحرق وزن معلوم من مادة معلومة المحتوى من الطاقة مثل حامض البنزويك أو السلسليك.
**– البنزويك الجرام الواحد ٦.٢٢٧ ك.ك
**– السلسيليك الجرام الواحد ٤.٦٥ ك.ك

*– **معامل تصحيح حامض الكبريتيك، النيتريك، السلك السليولوزى:**
**– تعطى كثوابت ويتم تخصيمها من حرارة البمبة.

تقدير الطاقة فى المادة السائلة

١– **بإستخدام ورقة الترشيح:**
– وزن ورقة الترشيح.
– حرقها لمعرفة طاقتها.
– نحضر ورقة الترشيح وينقط عليها المادة السائلة (لبن – بول – ....).
– حرقها وحساب طاقتها (وذلك بتجفيف ورقة الترشيح بالعينة).
– طاقة العينة السائلة = الطاقة الكلية – طاقة ورقة الترشيح.

٢– **بإستخدام أقراص من النشا:**
– أقراص النشا معروفة الطاقة (ا جم نشا يعطى ٤.٥ ك.ك).
– يؤخذ وزنه معينة من النشا فى صورة قرص.
– ينقط عليها المادة السائلة.
– تجفف ثم تحرق.
– طاقة العينة السائلة = الطاقة الكلية – طاقة قرص النشا.

مثال ١ : عند تقدير الطاقة الكلية فى عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة فى ١٠٠ جم جافة تماماً من العينة فى ضوء المعلومات التالية:

P3	P2	P1

0	1.14	5	1.70	0'	2.43
1	1.14	6	1.90	1'	2.42
2	1.60	7	2.22	2'	2.40
3	1.60	8	2.25	3'	2.39
4	1.70	9	2.29	4'	2.38
5	1.70	10	2.30	5'	2.38
		11	2.35		
		12	2.37		
		13	2.40		
		14	2.42		
		15	2.43		
		16	2.43		

% رطوبة الثانوية	% Secondry Moisture	=	10.0
وزن العينة	Sample weight (SW)	=	2.0
المكافئ المائى للمسعر	Water Equilibirum (WE)	=	440
عامل تصحيح الحامض والسلك	Correction of acid & wire ©	=	500
وزن الماء	Weight of Water (WW)	=	2000

t =	1.48	n =	10	t' =	2.40
v =	0.112	T =	10.20	v' =	0.010
nt =	14.80	K =	- 0.111		
nv =	1.120				

-0.010	= nv + TK = Cooling Correction	١- معامل تصحيح التبريد
0.73	= tn - t5 = Observed Rise	٢-الإرتفاع الملحوظ
0.720	= ١ + ٢ = Corrected Rise	٣- الإرتفاع المصحح
317	= WE * ٣= Heat Developed in Calorimeter	٤- التغير فى حرارة البمبة
1439.4	= WW * ٣= Heat Developed in Water	٥- التغير فى حرارة الماء
1256.0	= © -٥+٤= True Calorific Value	٦- القيمة الحرارية الحقيقية
628.0	= SW /٦= Calorific Value per gram	٧- حرارة ١ جرام
697.8	= (moisture%-١٠٠/١٠٠)*٧= Calorific Value per gram DM	٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تماماً
69779.5	٨= Calorific Value per 100 gram DM =	٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تماماً ١٠٠*

مثال ٢: عند تقدير الطاقة الكلية فى عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة فى ١٠٠ جم جافة تماماً من العينة فى ضوء المعلومات التالية:

P1 P2 P3

0	1.50	5	1.80	0'	2.50
1	1.50	6	1.90	1'	2.49
2	1.70	7	2.00	2'	2.48
3	1.75	8	2.10	3'	2.46
4	1.80	9	2.20	4'	2.45
5	1.80	10	2.30	5'	2.45
		11	2.35		
		12	2.38		
		13	2.40		
		14	2.45		
		15	2.50		
		16	2.50		

%للرطوبة الثانوية — % Secondry Moisture = 15.0

وزن العينة — Sample weight (SW) = 1.5

المكافئ المائى للمسعر — Water Equilibirum (WE) = 440

معامل تصحيح الحامض والسلك — Correction of acid & wire © = 500

وزن الماء — Weight of Water (WW) = 2000

t = 1.68 n = 10 t' = 2.81

v = 0.060 T = 7.98 v' = 0.010

nt = 16.75 K = - 0.044

nv = 0.600

0.247	= nv + TK =Cooling Correction	١- معامل تصحيح التبريد
0.70	= tn - t5 = Observed Rise	٢-الإرتفاع الملحوظ
0.947	= ١ + ٢ = Corrected Rise	٣- الإرتفاع المصحح
417	= WE * ٣ = Heat Developed in Calorimeter	٤- التغير فى حرارة البمبة
1893.8	= WW * ٣= Heat Developed in Water	٥- التغير فى حرارة الماء
1810.4	= © -٥+٤ = True Calorific Value	٦- القيمة الحرارية الحقيقية
1207.0	= SW /٦= Calorific Value per gram	٧- حرارة ١ جرام
1420.0	= (moisture%-١٠٠/١٠٠)*٧= Calorific Value per gram DM	٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تماماً
141995.5	٨= Calorific Value per 100 gram DM =	٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تماماً ١٠٠*

مثال ٣: عند تقدير الطاقة الكلية فى عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة فى ١٠٠ جم جافة تماماً من العينة فى ضوء المعلومات التالية:

P1 P2 P3

0	2.41	5	2.46	0'	3.00
1	2.42	6	2.50	1'	2.99
2	2.43	7	2.60	2'	2.98
3	2.45	8	2.65	3'	2.97
4	2.46	9	2.70	4'	2.96
5	2.46	10	2.80	5'	2.85
		11	2.90		
		12	2.95		
		13	2.97		
		14	2.99		
		15	3.00		
		16	3.00		

رطوبة الثانوية % Secondry Moisture = 20.0

وزن العينة Sample weight (SW) = 1.80

المكافئ المائى للمسعر Water Equilibirum (WE) = 500

معامل تصحيح الحامض والسلك Correction of acid & wire © = 600

وزن الماء Weight of Water (WW) = 2000

t = 2.44 n = 10 t' = 2.98

v = 0.010 T = 6.41 v' = 0.008

nt = 24.38 K = - 0.004

nv = 0.100

0.076	= nv + TK = Cooling Correction	١- معامل تصحيح التبريد
0.54	= tn - t5 = Observed Rise	٢-الإرتفاع الملحوظ
0.616	= ١ + ٢ = Corrected Rise	٣- الإرتفاع المصحح
308	= WE * ٣ = Heat Developed in Calorimeter	٤- التغير فى حرارة البمبة
1232.4	= WW * ٣ = Heat Developed in Water	٥- التغير فى حرارة الماء
940.5	=© -٥+٤ = True Calorific Value	٦- القيمة الحرارية الحقيقية
522.5	= SW /٦= Calorific Value per gram	٧- حرارة ١ جرام
653.1	= (moisture%-١٠٠/١٠٠)*٧= Calorific Value per gram DM	٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تماماً
65312.2	٨= Calorific Value per 100 gram DM =	٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تماماً ١٠٠*

مثال ٤: عند تقدير الطاقة الكلية فى عينة مادة علف كانت قراءات المرحلة الإبتدائية والرئيسية والنهائية كما بالجدول. إحسب الطاقة الكلية الموجودة فى ١٠٠ جم جافة تماماً من العينة فى ضوء المعلومات التالية:

P1 P2 P3

0	0.95	5	0.99	0'	1.52
1	0.96	6	1.00	1'	1.51
2	0.97	7	1.20	2'	1.50
3	0.98	8	1.30	3'	1.49
4	0.99	9	1.35	4'	1.47
5	0.99	10	1.80	5'	1.47
		11	1.42		
		12	1.43		
		13	1.46		
		14	1.50		
		15	1.52		
		16	1.52		

%للرطوبة الثانوية % Secondry Moisture = 8.0

وزن العينة Sample weight (SW) = 3.00

المكافئ المائى للمسعر Water Equilibirum (WE) = 450

معامل تصحيح الحامض والسلك Correction of acid & wire © = 550

وزن الماء Weight of Water (WW) = 2000

t = 0.97 n = 10 t' = 1.49

v = 0.008 T = 5.50 v' = 0.010

nt = 9.73 K = - 0.004

nv = 0.080

0.101	= nv + TK = Cooling Correction	١- معامل تصحيح التبريد
0.53	= tn - t5 = Observed Rise	٢-الإرتفاع الملحوظ
0.631	= ١ + ٢ = Corrected Rise	٣- الإرتفاع المصحح
284	= WE * ٣ = Heat Developed in Calorimeter	٤- التغير فى حرارة البمبة
1262.3	= WW * ٣ = Heat Developed in Water	٥- التغير فى حرارة الماء
996.3	= © -٥+٤ = True Calorific Value	٦- القيمة الحرارية الحقيقية
332.1	= SW /٦ = Calorific Value per gram	٧- حرارة ١ جرام
361.0	= (moisture%-١٠٠/١٠٠)*٧= Calorific Value per gram DM	٨- حرارة ١ جرام مادة جافة تماماً
36099.4	٨= Calorific Value per 100 gram DM =	٩- حرارة ١٠٠ جرام مادة جافة تماماً ١٠٠*

مثال ٥: ضع مثال من عندك افترض فيه قراءات الترمومتر فى المراحل المختلفة وافترض كلاً من :

- معامل التصحيح.
- المكافئ المائي للمسعر.
- حجم الماء المستخدم.

- % للرطوبة الثانوية.

تعريف التمثيل الغذائى :Metabolism يوجد تعريفين:

*- **الأول** : هو جميع العمليات الحيوية التى تتم على الغذاء منذ الدخول عن طريق الفم حتى الخروج من الجسم من خلال المخارج الطبيعية له .

*- **الثانى** : يقصد به جميع الخطوات المتتالية لعمليات البيوكيميائية التى تحدث داخل الكائن الحى على الغذاء المهضوم والممتص من خلال **عمليتين** :

(١) عملية البناء : Anabolism

وهذه العملية عبارة عن بناء مركبات معقدة من مواد أبسط فى التركيب ، أى أن هذه العملية تحتاج الى طاقة وتسمى "Endergonic"

(٢) عملية الهدم : Catabolism

وهذه العملية عبارة عن تكسير مركبات معقدة لمواد أبسط فى التركيب ، أى أن هذه العملية ينتج منها طاقة ويطلق عليها " Exergonic "

- ويتم ذلك فى وجود مركبات وسيطة لعمل هذه الطاقة من مكان لآخر بالجسم، وهاتان العمليتان تحدثان معاً متلازمتان حيث الطاقة الناتجة من الهدم تتجه الى البناء .

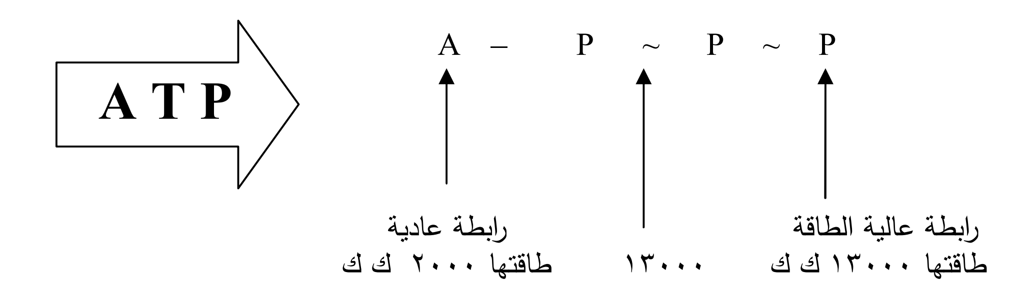
- **وينتج عن ذلك** :-

أ) الطاقة التى يستفيد منها الحيوان (حفظ الحياة ، الإنتاج) .

ب) بعض المواد الضارة بالجسم (اليوريا) يتم التخلص منها بخروجها فى البول كما أن هناك مواد أخرى يتم التخلص منها عن طريق العرق أو التنفس .

س .. ما الذى ينقل الطاقة من الهدم الى البناء ؟!

يتم النقل عن طريق مركبات ناقلة للطاقة تسمى بالمركبات الوسيطة ومن اشهرها هو مركب " ATP " (أدينوسين ثلاثى الفوسفات)



** واذا تم حرق الـ ATP يعطى ٢٨.٠٠٠ كيلو كالورى أى مجموع طاقة هذه الروابط .

** الهدف من دراسة التمثيل الغذائى للطاقه :-

(٣) معرفة مدى استفادة الحيوان او الطائر من الغذاء وبالتالى يمكن المفاضله بين مادتين غذائيتين.

(٤) الكشف عن بعض الامراض المرتبه بالتمثيل الغذائى وبالتالى معرفة الاسلوب الامثل للعلاج .

** طرق دراسة التمثيل الغذائى للطاقه :

- هناك عدة طرق للدراسه منها :

(١) معاملات الهضم ومنها :

(أ) *In-vivo* ⟵ دراسه تتم على الحيوان نفسه .

(ب) *In-vitro* ⟵ دراسه تتم فى المعمل فى ظروف مشابهة لجسم الحيوان.

(ج) *In-situ* ⟵ دراسه تجمع بين الطريقتين السابقتين .

(د) Marker ⟵ المرقم .

(٢) قياسات الكرش :

- الاحماض الدهنيه الطيارة : ناتج هضم الكربوهيدرات.

- الامونيا : ناتج هضم البروتين.

- الـ ph : مؤشر لحموضة الكرش.

(٣) قياسات الدم :

- تقدير المكونات الخلويه (الهيماتوكريت).
- تقدير الهيموجلوبين .
- تقدير البروتين الكلى " TP "
- تقدير وظائف الكبد.
- تقدير GOT – GPT ،ALT-AST
- تقدير الالبيومين" A " .
- تقدير الجلوبيولين " TP – A = G " .
- وظائف الكلية.
- الكرياتين والكرياتينين .

(٤) النظائر المشعة :

هى عناصر ذات طاقه إشعاعيه معينه يمكن الكشف عنها ومن هذه العناصر (N14 ‘Ca 45‘ C١٤) كما انه يتمكن تتبعها ، وهى افضل الطرق فى التمثيل الغذائى للعناصر المعدنيه ويعاب عليها :

أ) صعوبة وغلاء الامكانيات المطلوبه .

ب) بعض الاخطار الاشعاعيه. ومن أشهرهذه الطرق [Radio Immuno Assay [RIA.

(٥) دراسة صفات الذبيحه :

مثل دراسة التصافى والتشافى ونسبة الدهن، ونسبة البروتين ، .... وتختلف هذه الدراسه بختلاف نوع الحيوان.

أ) تحليل الذبيحه كلها: فى الفئران ، الكتاكيت ، والدجاج ، والسمك .

ب) النصف الطولى للذبيحه: فى المجزات الصغيره (الاغنام والماعز) .

ج) الثلاث ضلوع الأخيرة والعضلة العينية ، والتى تمثل الجسم كله للمجترات الكبيرة (اللأبقار والجاموس) .

– والان تتم دراسة كل طريقه على حده من هذه الطرق السابقه .

معاملات الهضم :

(ا) تجربه الـ *In -vivo* : او طريقة *In-vivo*
- طريقه مباشرة ٠
- طريقه غير مباشرة .

– يتم فيها إجراء تجارب الهضم والنمو وتحليل الذبيحة .

* بالنسبه لتجارب الهضم :–

– تتم مثل هذه التجارب فى صناديق الهضم فى تجربة هضم تستمر لمدة شهر

* نوع الحيوان المختبر :–

– فئران – خنازير غنينا – الاغنام – الماغز – الابقار – الجاموس – الجمال

* مواصفات الحيوان :–

– ذكر مخصى ولكن فى الجمال لا يفضل الذكور وذلك لان العضو الذكرى قريب من فتحة إخراج الروث

* الهدف من إجراء تجارب الهضم :–

- تقدير معاملات الهضم للمواد المختبرةوقيمتها الغذائيه .
- تقدير الموازين الغذائيه للوصول لافضل النتائج مثل تقدير ميزان الازوت وميزان الكربون.
- تقدير موازين العناصر المعدنيه .
- تقدير بعض قياسا ت الكرش والدم وتحليل الذبيحه.

* عيوب هذه الطريقه :–

– تستغرق وقت طويل حوالى شهر وذلك لوجود طورين (الطور التمهيدى والطور الرئيسى)

** ملحوظة : يتم معرفة او الرجوع الى كيفية اجراء التجربة ومعرفة طريقة الحساب .

س : ماهى العينات التى تؤخذ فى تجارب الـ *In – vivo* وطرق أخذها وما يقدر بها ؟ ... يوضح ذلك فى الجدول رقم (٩٥) التالى :

نوع العينة	طرق أخذ العينة	مايقدر بالعينة
١) الروث	– من خلال صندوق الهضم - Bags - Swapm جهاز يدخل فى مستقيم الحيوان ويتم أخذ العينة.	–الرطوبة – الرماد (سليكون) – الالياف – البروتين – الدهن - NFE " المستخلص الخالى من الازوت "
٢) البول	– زجاجات جمع البول – الاسترة : عن طريق تركيب أنبوبة فى المثانة البولية	– النيتروجين – اليوريا – العناصر المعدنية مثل Fe , Cu فى صورة نقية .
٣) سائل الكرش	– اللى المعدى stomach tube – فاستيولا الكرش حيث يتم عمل فتحة فى كرش الحيوان	– الامونيا - NFA الاحماض الدهنية الطيارة
٤) الدم	– فى المجترات .. من الوريد الوداجى . – الارانب ..كمية الدم صغيرة تؤخذ من صوان الاذن ولو كبيرة تؤخذ بالذبح – فى الدواجن .. بالذبح	* Hematology وتقدر فيه الهيموجلوبين والمكونات الخلوية (كرات الدم الحمراء ، والبيضاء ، الصفائح الدموية) * Blood Biochemistry يقدر فيه السيرم لايتم اضافة موانع تجلط وزنك للحصول على السيرم لاجراء التقديرات الاتية ...

١) تقدير الجلوكوز والكلويسترول.
٢) مادة الهيدروجين (للكشف عن نشاط الصفراء).
٣) تقدير الانزيمات الدالة على نشاط الكبد مثل الـS-GOT،S-GPT، وايضا لتقدير اليوريا لتوضيح نشاط الكليتين.
٤) تقدير بعض الهرمونات الموضحة لنشاط بعض الغدد مثل هرمونات T3 , T4 ويوضحانشاط الغدة الدرقية .

– تعتبر تجارب الـ In-vivo من اكثر الدراسات دقه لتوضيح كمية الطاقه المحتجزه فى الجسم .

– فى النهايه يوجد معامل الهضم = (الهضم ÷ الماكول) × ١٠٠ وهنا يكون معلوم معامل الهضم للماده الجافه (×)

* هل من خلالها يمكن معرفة معامل الهضم (م . هـ) أى عنصر :

– يمكن ذلك باستخدام المعادله التاليه:

معامل هضم العنصر (×) = ١٠٠ – (% للعنصر (×) فى الروث ÷ % للعنصر (×) فى الغذاء) (١٠٠– م .هـ الماده الجافه)

– مثال : إذا كان معامل هضم الماده الجافه ٥٠% ولنسبة الالياف فى العليقه ٢٠% وفى الروث ٢٥% فما هو معامل هضم الالياف ؟

معامل هضم الالياف = ١٠٠ – [% للالياف فى الروث ÷ ــــ] [١٠٠– م.هـ الماده الجافه]

% للالياف فى العليقه
٢٥
معامل هضم الالياف = ١٠٠- (-) (١٠٠- ٥٠)
٢٠
معامل هضم الالياف = ٣٧,٥%

- يمكن ايضا من خلال تجارب الـ *In-vivo* إجراء تحليل للذبيحه كما يلى :

يتم فيها تقدير نسبة التصافى والتشافى وعند الرغبه فى التحليل الكيماوى فى اللحم فانه يجب اخذ عينه ممثله لجميع اجزاء الحيوان وهى (العضله العينيه) وهى عباره عن الضلوع ٩ و ١٠ و١١ وتؤخز وتجفف وتطحن ويقدر منها التحليل الكيماوى وهو يستغرق مده طويله.

(٢) طريقة الـ *In-vitro* :

- اسباب إستخدام هذه الطريقه:

(ا) فى حالة اختيار عدد كبير من العينات .
(ب) فى حالة قلة عدد الحيوانات لتجارب الهضم "*In-vivo*" .
(ج) لضيق الوقت حيث تستغرق طريقة *In-vitro* من ٢:٣ ايام .
(د) فى حالة استخدام بعض المواد السامه.

- ما المقصود بتجارب الهضم الـ *In-vitro* :

هو توفير ظروف متشابهه لظروف الهضم فى جسم الحيوان وهى :
(١)الحراره (٣٨-٣٩م).
(٢)التهويه (لاهوائيه) .
(٣)الحركه (الهزاز) .
(٤)تتابع الهضم ⟵ فى المجترات (ميكانيكى ثم ميكروبى ثم إنزيمى).

- طرق الـ *In-vitro* : -

يوجد طريقتين هما :
(١)Batch method
(٢)Continous flow method

١) Batch method : وفيها تحضن الماده المختبره مع سائل الكرش والمحلول المنظم فى انابيب خاصه تحت ظروف لا هوائيه ($co2$) ودرجة حراره ٣٨-٤٠م ولمدة ٨٤ : ٢٤ ساعه .

- ومن عيوب هذه الطريقه :

(ا) تراكم نواتج التمثيل والتخمرات المختلفه دون التخلص منها كما هو الوضع فى حالة الكرش الطبيعى مما قد يؤدى الى تثبيط النشاط الكائنات الحيه الرقيقه .
(ب) لا يتوفر فى هذه الطريقه الحركه المستمره كما هو الوضع فى حالة الكرش الطبيعى .

٢) Continous flow method : وهى تعديل للطريقه السابقه حيث يتم تدفق المحلول المنظم بصفه مستمره على العينه وبالتالى يتم إخراج نواتج التمثيل والتخمر بصفه مستمره وكذا الحركه المستمره كما هو فى حالة الكرش الطبيعى.

- كيفية الاجراء او خطوات العمل:

(١) يتم طحن العينه المراد تقدير معامل هضمها معمليا ، حيث تم بالمنخل سعة عيونه ١ميش وفيها يتم تقدير OM،DM .
(٢) يؤخذ حوالى ٤/١ جرام من هذه الماده وتوضع فى انبوبه الهضم المعملى ويضاف عليها ٢٠سم من المحلول المنظم الذى يسمى بالعاب الصناعى .

- وهذا اللعاب الصناعى عباره عن :

مجموعه من الاملاح يتم إذابتها فى لتى من الماء المقطر بحيث تصبح درجة الPH لهذا المحلول هى ٦,٨ قرب التعادل ، ثم يضاف ٢/١ سم محلول يوريا تركيزه (٠.١٢٦ جرام يوريا /اسم ماء مقطر)
(٣) يتم اضافة ٥سم من سائل الكرش قريبه من التعادل ، اما اذا تغذى على ماده مركزه هذا يجعل الPH الرش حامضى .

علل: يتم استخدام سائل الكرش من تجارب الهضم المعمليه من حيوان تم تغذيته على التدريس؟
وذللك للحصول على سائل الكرش ذو درجه pH قريبه من التعادل.

(٤) يتم ضخ كميه من CO_2 فى الوسط الموجود داخل الانبوبه مما يجعل الظروف لا هوائيه لكى تكون ملائمه لنشاط الميكروفلورا.

(٥) يتم وضع الانابيب فى حمام مائى على درجة حراره من ٣٨:٤٠م ويتم التحضين لمدة ٤٨ ساعه ، يتم خلال هذه الفتره إجراء رج الانابيب من فترة الى أخري، إما باستخدام الهزاز او بالطريقه اليدويه.

(٦) بعد انتهاء ٤٨ ساعه يتم إضافة حولى ٨سم من محلول HCL تركيزه ١٠ مما يسبب انخفاض درجة الـpH لتصل الى ١,٢ فيتوقف لنشاط المكروفلورا ثم إضافة كميه من إنزيم الببسين او جرام /انبوبه ، ثم يتم التحضين للنابيب على نفس درجة الحراره لمده ٤٨ سلعه لتمام الهضم الانزيمى.

(٧) بعد انتهاء فتره التحضين الاخيره يتم ترشيح مكونات الانبوبه على ورقة ترشيح ذو مواصفات خاصه،معلوم الوزن الجاف ،ثم بعد ذلك يتم تجفيف ورقه الترشيح ومكونات على درجة حراره ٦٠ م لمدة ١٢ ساعه ثم على درجة حراره ١٠٥م لمدة ٣ساعات ثم الوزن وبالتالى

يتم تحديد الجزء المهضوم ويطلق على النتيجه [IVDMD] *In-vitro* Dry Matter Disappearance

- خطوات الحساب :

الجزء المتبقى:
- غير المهضوم .
- بعض شوائب الكرش .

– يجب وجود ما يسمى بالبلانك " Blank "

حيث تاتى بالأنبوبه ونضع بها كل المكونات فيما عدا العينه ونجرى نفس الخطوات وترشح وتوزن

- صفر ⟵ - لا يوجد شوائب
- رقم ⟵ - تطرح من الموجود

س ١ : ما هى فائدة البلانك فى تجارب الـ *In-vitro* ؟

وذلك للتخلص من الشوائب الموجوده فى الكرش عند إجراء الحسابات .

حساب : DM1 ، OM1 :

الماده قبل الهضم تجفف فى الفرن ثم توزن فنعرف المتبقى

الوزن المتبقى A= (وزن الورقه + العينه) – وزن الورقه

$$\text{المختفى ظاهريا "DM"} = \frac{DMO - DM\ 1}{DM} \times ١٠٠$$

$$\text{المختفى حقيقيا} = \frac{\text{المختفى ظاهريا} - \text{البلانك}}{DM\ 1} \times ١٠٠$$

$$IVDMD\ \% = \frac{\text{وزن العينه} - (\text{وزن المتبقى} - \text{وزن المتبقى للبلانك})}{\text{وزن العينه "DM"}} \times ١٠٠$$

– يمكن إجراء نفس العمليه على المواد العضويه بعد تقدير الرماد بها حيث يقدر الرماد بالعينه ويطرح من العينه الكليه فنحصل على الماده العضويه(OM) فيعطى بما يسمى [IVOMD] *In-vitro* Organic Matter Dis appearance .

وهذه الطريقه مفضله لانه يقوم بحساب ادماء والماده العضويه

$$OM = DM - Ash$$

$$\text{المختفى ظاهريا "OM"} = \frac{OM\ 0 - OM\ 1}{OM} \times ١٠٠$$

$$\text{المختفى حقيقيا} = \frac{\text{المختفى ظاهريا – البلانك}}{\text{OM 1}} \times ١٠٠$$

$$\text{IVOMD \%} = \frac{\text{وزن العينه – (وزن المتبقى – وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينه (OM)}} \times ١٠٠$$

– ويمكن تقدير البروتين عن طرق ايقاف نشاط الكائنات الدقيقه فى الانبوبه عن العمل ثم اضافة إنزيم البنسينى فيهضم العينه ما بها من بروتين واجراء تحليل كيمياوي فيتم تحديد معامل هضم البروتين.

– بواسطة طريقة *In vitro* يتم قياس :

(١) الماده الجافه "DM"

(٢) الماده العضويه "OM"

(٣)معامل هضم البروتين

– هناك علاقه بين الـ *In-vivo* والـ *In-vitro* حيث:

$$y = ١.٥x + 8$$

حيث ان : y : هى الـ *In-vivo* ، x : هى الـ *In-vitro*

س: لماذا دائما الـ *In-vivo* اكثر كفاءه من *In-vitro* ؟

وذلك لأن الـ *In vitro* به مشكله وهى تراكم نواتج التمثيل الغذائى وبالتالى يحدث انخفاض فى الهضم .

علل : انخفاض الهضم المعملى للماده الغذائيه عن الهضم الحقيقى للحيوان ؟

وذللك نتيجة لتراكم نواتج التمثيل الغذائى فى الوسط مما يؤثر بالسلب على نشاط الميكروفلورا فينعكس ذلك على انخفاض الهضم.

– مسأله :

فى تجربه لتقدير IVDMD كان وزن الانبوبه فارغا ١٢,٥٤٣٦ جرام وكان وزن الانبوبه وبها العينه ١٢,٨٤٣٦ جرام . فان وزن الانبوبه ومحتويا تها بعد انتهاء التجربه ١٢,٦٤٣٦. وكان وزن انبوبه البلانك بعد انتهاء التجربه ١٢,٥٥٣٦ فما هى القيمه الحقيقيه للـ "IVDMD"

(١) وزن الانبوبه الفارغ = ١٢,٥٤٣٦ جرام

وزن الانبوبه + العينه = ١٢,٨٤٣٦ جرام

وزن العينه = ٠,٣٠٠٠ جرام

وزن المتبقى من العينه (الاسمى) = ١٢,٦٤٣٦ – ١٢,٥٤٣٦ =٠،١٠٠٠ جرام

وزن المتبقى من البلانك = ١٢,٥٥٣٦– ١٢,٥٤٣٦= ٠،٠١٠٠ جرام

وزن المتبقى من العينه (الحقيقى) = ٠،١٠٠٠ – ٠،٠١٠٠= ٠،٠٩٠٠ جرام

وزن المختفى الحقيقى = ٠،٣٠٠٠ – ٠،٠٩٠٠ = ٠،٢١ جرام

$$\text{IVDMD \%} = \frac{\text{وزن العينه – (وزن المتبقى –وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينه "DM"}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٠.٣ - (٠.١ - ٠.٠١)}{٠.٣} \times ١٠٠$$

$$\text{IVDMD} = \frac{٠.٣ - ٠.٠٩}{٠.٣} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٠.٢١}{٠.٣} \times ١٠٠$$

IVDMD = ٧٠ %

(٣) طريقة الـ *In-situ*

مميزات استخدام هذه الطريقه :
(١) التغلب على طول فترة التجربه الموجوده فى الـ *In-vivo*.
(٢) التغلب على تراكم نواتج التمثيل الغذائى الموجود فى *In-vitro*.
(٣) قريبه الى حد كبير من طريقة الـ *In-vivo* مع ارتفاع معامل الارتباط
*وقد يطلق على الـ *In-situ* مصطلح " Nylon bags tech "

اسلوب الاكياس النايلون:

**متطلبات التجربه :
(أ) حيوان ذو فاستيولا .
(ب) اكياس ذو مواصفات خاصه ، مصنوعه من قماش يسمى " داكرون " ويكون خالى من الزوايا والاركان ويكون بهذا الشكل U.
(ج) توفير خيط بلاستك .

- علل : يتم تصميم الاكياس المستخدمه فى تجارب الـ *In-situ* بحيث تكون خاليه من اى زوايا اواركان وذلك لتجنب تراكم اى جزء من العينه فى هذه الاركان او الزوايا .

** خطوات اجراء التجربة
١) يتم اجراء فاستيولا فى كرش الحيوان
٢) بعد تصميم الاكياس المحصصة لتجربة الـ *In-situ* يتم غسلها جيدا ، وتجفيفها ووزنها ثم يوضع بها قدر معلوم من العينة المطلوية ، ويعاد وزنها مرة اخرى ثم تربط جيدا بواسطة الخيط البلاستيك وتدلى داخل كرش الحيوان من خلال الفاستيولا .
٣) ثم تاخذ وتترك فترة من الزمن عل بحسب فترة او مدة التجربة ، وتاخذ العينات للتحليل مع مراعاة وضع عدد من الاكياس داخل كاس يحتوى على ماء.
** يمكن أخذ عينة كل ٢– ٤ – ٦ – ٨ – ١٢ – ٢٤ ساعة ٣٦ كيس لكل حيوان على ٦ ازمنة .
٤) بعد انتهاء مدة التحضين يتم اخراج الاكياس وتجفيفها ووزنها ويتم حساب معدل الاختفاء وبمعلومية معدل الاختفاء فى الماء يتم حساب الاختفاء الحقيقى .

مثال رقمى : بفرض ان معدل الاختفاء فى الكرش هو ٦٠ % ومعدل الاختفاء فى الماء هو ١٠ % فما هو معدل الاختفاء الحقيقى .

الاختفاء الحقيقى = $\frac{٦٠}{}$ × ١٠٠ = ٦٦.٦ %

** هناك علاقة بين الـ *In-vivo* و *In-situ*

$$Y = 0.78 \quad x - 1.24$$

حيث y هى الـ *In-vivo* و x هى الـ *In-situ*
** هذه الطريقة لا يمكن بواسطتها تقدير معامل هضم البروتين .
طريقة الحساب : مثل الطريقة السابقة (*In-vitro*).

١)
$$ISDMD = \frac{\text{وزن العينة – (وزن المتبقى – وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينة " DM "}} \times 100$$

٢)
$$ISOMD = \frac{\text{وزن العينة – (وزن المتبقى – وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينة " OM "}} x\ 100$$

– مثال :
فى تجربة لتقدير قيمة ال IS-DMD لعينة من التبن القمح كانت البيانات التالية :
- وزن الكيس الفارغ = ٥,٢٤٤٢ جرام
- وزن الكيس + العينه = ٩,٢٤٤٢ جرام
- وزن الكيس ومحتوياته بعد التجربه (٤٨ ساعه) الاسمى = ٧,٢٤٤٢ جرام

- وزن الكيس ومحتوياته بعد البلانك (٤٨ ساعه) = ٥,٤٤٤٢ جرام

فما هى الـ ISDMD وما هو معامل هضم ال INVIVO

الحل

وزن العينه =٩,٢٤٤٢ – ٥,٢٤٤٢= ٤,٠٠٠ جرام
وزن المتبقى من العينه (الاسمى) = ٩,٢٤٤٢ – ٧,٢٤٤٢ = ٢,٠٠٠ جرام
وزن المتبقى من العينه (البلانك) = ٥,٤٤٤٢ –٥,٢٤٤٢ =٢٠٠٠،٠ جرام
وزن العينه الحقيقى = ٢,٠٠٠ – ٠.٢٠٠٠ = ١,٨٠٠ جرام

$$ISDMD = \frac{\text{وزن العينه – (وزن المتبقى – وزن المتبقى للبلانك)}}{\text{وزن العينه – (DM)}} \times ١٠٠$$

$$ISDMD = \frac{٤-(٢-٠.٢)}{٤} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٤ - (١,٨)}{٤} \times ١٠٠ \quad \frac{٢,٢}{٤}$$

ISDMD = ٥٥%
Y= ٠ .٧٨ X -1.24
= ٠.٧٨ (٥٥)–١.٢٤
Y = 41.66%

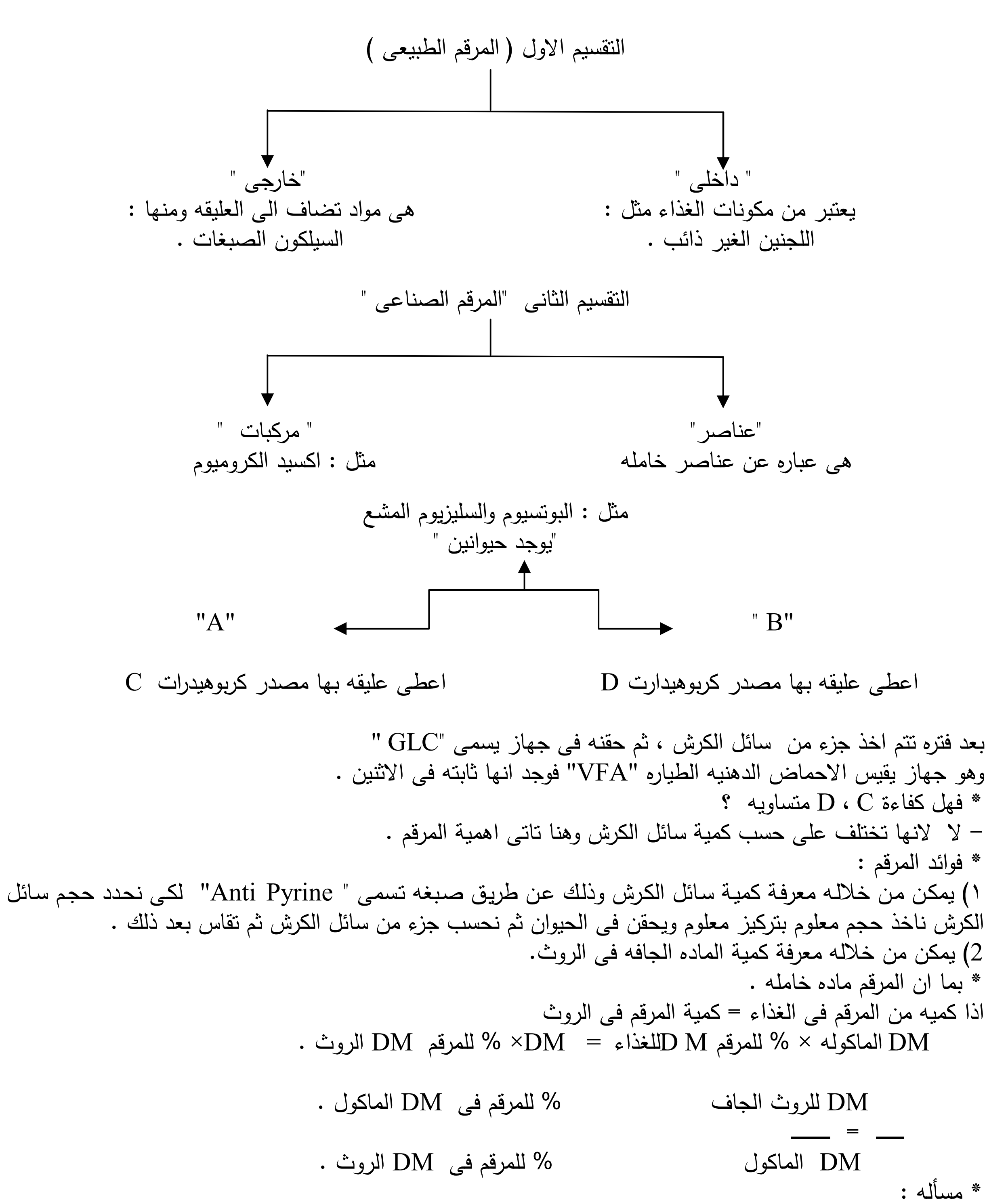
(٤) طريقة المرقمات: Markers

تعريف المرقم : هو عباره عن ماده يمكن خلطها با لغذاء الماكول ، ولا تحدث لهل هضم وتخرج كلها فى الروث .

* مواصفات المرقم او ما هى شروط الماده الى يمكن استخدامها كمرقم :
(١) ان تكون الماده خامله (لا تهضم ولا تمتص) وبا لتالى كما تدخل الجسم تخرج فى الروث .
(٢) الا يحتوى عنصر من عناصر الغذاء
(٣) يمكن خلطه جيدا با لغذاء ويفضل الملون لسهولة التعرف عليه .
(٤) يمكن تقديره بدقه وسهوله .
(٥) الا يكون له تاثير فسيولوجى او سهام على الحيوان .
(٦) رخيص الثمن .
(٧) ان يكون لهاخصائص فيزيقيه وكيميائيه تمكنها من الانتشار فى اجزاء القناه الهضميه اثناء عملية الهضم .

* اسباب إستخدام طريقة المرقم :
(ا) فى حالة التقيم الغذائى لنباتات المراعى . حيث لا يمكن تحديد الكميه الماكوله .
(ب) فى التقيم الغذائى مع عدم وجود صناديق للهضم وكذا بالنسبه للحيوانات الكبيره والتى لا يمكن تحديد كمية الروث لها .

* تقسيم المرقم او نوع المرقم : للمرقم نوعان
(ا) مرقم طبيعى .
(ب) مرقم صناعى .



بعد فتره تتم اخذ جزء من سائل الكرش ، ثم حقنه فى جهاز يسمى "GLC "
وهو جهاز يقيس الاحماض الدهنيه الطياره "VFA" فوجد انها ثابته فى الاثنين .

* فهل كفاءة C ، D متساويه ؟

– لا لانها تختلف على حسب كمية سائل الكرش وهنا تاتى اهمية المرقم .

* فوائد المرقم :

١) يمكن من خلاله معرفة كمية سائل الكرش وذلك عن طريق صبغه تسمى " Anti Pyrine" لكى نحدد حجم سائل الكرش ناخذ حجم معلوم بتركيز معلوم ويحقن فى الحيوان ثم نحسب جزء من سائل الكرش ثم تقاس بعد ذلك .

2) يمكن من خلاله معرفة كمية الماده الجافه فى الروث.

* بما ان المرقم ماده خامله .

اذا كميه من المرقم فى الغذاء = كمية المرقم فى الروث

DM الماكوله × % للمرقم D Mللغذاء = DM× % للمرقم DM الروث .

$$\frac{\text{DM للروث الجاف}}{\text{DM الماكول}} = \frac{\text{\% للمرقم فى DM الماكول .}}{\text{\% للمرقم فى DM الروث .}}$$

* مسأله :

اذا كان متوسط ما يخرجه عجل صغير هو ٤٠ جرام روث يحتوى على ١٢ % لجنين ، وكانت نسبة اللجنين فى الماده الجافه من البرسيم ٤ % الذى يحتوى على ٩٠ % رطوبه . احسب كمية البرسيم الاخضر الماكول يوميا .

$$\frac{\text{DM الروث الجاف}}{\text{DM الماكول}} = \frac{\text{\% للمرقم فى DMالماكول}}{\text{\% للمرقم فى DM للروث}}$$

$$\frac{٤٠٠}{\text{DM الماكول}} = \frac{٤}{١٢}$$

– كمية البرسيم الجاف الماكول = $\frac{٤٠٠×١٢}{٤}$ = ١٢٠٠ جرام

اخضر	جاف
١٠٠	١٠
س	١٢٠٠

- كمية البرسيم الاخضر الماكول = ١٢ كيلو جرام برسيم اخضر يومي

* طريقة اخذ العينات وحفظها Sampling and storage : يتم اخذ العينات المختلفه المطلوبه للتحليل خلال فترة الدور الرئيسى (دور الجمع Collection Period) حيث يمكن اخذ تللك العينات او بعضها .

*– واهم هذه العينات البيولوجيه :

(١)عينات الغذاء .
(٢)عينات البول .
(٣)عينات الروث .
(٤)عينات الكرش .
(٥)عينات الدم .
(٦)عينات البيض.
(٧)عينات اللبن .
(٨)عينات اللحم والانسجه والاعضاء .
(٩)عينات الصوف والسعر والوبر .

عينات البول : Urine Samples

** طرق اخذ العينه :

(١) وضع الحيوان فى صندوق الهضم ــ كما فى حيوانات التجارب والمجزات الصغيره .
(٢) عمل قسطره للمثانه مباشرة ــ كما فى الحيوانات الكبير .
(٣) اجراء عمليه جراحيه ــ كما فى اناث الابل .

** اهم التقديرات التى تتم على البول :–

يتم جمع عينة البول بغرض اجراء التقديرات الاتيه :

(١) تقديرات وصفيه :– " Qualitative "
مثل اللون والنقاه وغيرها .
(٢) تقديرات كمية :– " Quanlitative" :– مثل :–

– الازوت الكلى لتقدير ميزان الازوت.
– تقدير ميزان العناصر المعدنيه .
– تقدير اليوريا والكرياتين.
– تقدير الحجم الكلى .

** وتبعا لنوع التقدير يختلف نظام اخذ عينه البول :–

(١) فى التحليلات الوصفيه :–
تؤخذ عينة بول عشوائيه "Random "
(٢) فى التحليلات الكميه :–

يتم اخذ الحجم الكلى للبول خلال ٢٤ ساعه ثم تؤخذ منه عينه تمثل $\frac{١}{٢٠}$ او (٢٠ %) من الحجم الكلى لاجراء التقدير الكمى .

** اهم التغيرات التى تحدث فى البول عند حفظه :-
يرجع التغير فى مكونات البول الى احد البسبين الاتيين :-
(١) فعل الكائنات الدقيقه :- "Microorganisms"
-نتيجة تلوث العينه او حتى تلك التى تنزل معه من الحيوان .
(٢) الفقد بالتطاير :- " Volatilakion "
-لبعض المركبات مثل تطاير الامونيا ، لذلك يجب ان يجمع البول فى وعاء نظيف و يحفظ فى مكان بارد لمنع تطاير مكوناته .
-ويفضل ان يجمع البول تحت التولوين حيث يعمل كسطح عازل Barir لمنع التلوث بالبكتريا ومنع تطاير مكونات البول القابله للتطاير لذلك يفضل اجراء التقديرات باسرع ما يمكن .
* التغيرات التى تحدث فى عينة البول :-
(ا) يرجع التاثير السيء للبكتريا الى انها تفرز انزيم اليوريز الذى يحمل اليوريا الى كربونات امونيوم.
ومثل هذا البول لا يصلح لتقدير الامونيا او اليوريا او pH .

"انزيم اليوريز "
اليوريا ـــــــ كربونات امونيوم
"من كائنات البول الموجوده اصلا او التلوث "

(أ) كذلك يمكن لهذه الميكروبات وبعض الفطريات والخمائر ان تحلل الجلوكوز .
(ب) ترسيب الفوسفات فى الوسط الكلوى .
(ت) فى الجو البارد يحدث تجمع لجزيئات حامض اليوريك واليوريا فى جزيئات كبيره (كريستالات) وتترسب فى قاع الزجاجه ويمكن اعادة ذوبانها بتدفئه الزجاجه فى حمام مائى مع التقليب الجيد .
(ث) وعند الرغبه فى تقدير الازوت الكلى فى البول (لعمل ميزان الازوت) فانه يفضل جمع عينة البول فى وجود حامض كبريتيك (١ : ١ . حيث يضاف ٥٠سم٣ فى زجاجة الاستقبال مع وجود زجاجه اخرى (التى يؤخذ بها العينه للتيحليل) .يوجد بها ٢٠ سم٣ تولوين لمنع تطاير الامونيا .
ووظيفة الحامض هو منع تطاير الامونيا لانه يربط النيتروجين الكلى للبول فى صورة كبريتات امونيوم غير قابله للتطاير .
** حفظ عينة البول :-
ان طريقة حفظ عينات البول تعتمد على نوع التقدير ومن اكثر المواد الحافظه استخداما ما يلى :-
١- حامض H_2SO_4 :-
يستخدم حامض H_2SO_4 بتركيز (١:١) اوحامض HCL (٢ع) بنسبة ٥٠سم٣ فى اناء استقبال البول .
حيث يرتبط H2SO4 مع الامونيا ويكون كبريتات امونيوم غير قلبله للتطاير وهى طريقه جيده لحفظ البول لتقدير اليوريا او النيتروجين الكلى او الكالسيوم .
كما يمكن استخدام :-
الكلوروفورم- التولين - الثيمول - الفورمالين وان كان لهذه المواد بعض العيوب منها .
٢- التولوين :- يكون طبقه رقيقه على سطح البول مما يلوث الماصه المستخدمه فى نقل البول ، ويمكن التغلب على هذا العيب بوضع البول فى قمع فصل واخذ الطبقه السفلى (البول) .
٣- الكلورفورم :- له بعض العيوب حيث يتداخل مع بعض التقديرات مثل الجلوكوز حيث يختزل محلول فهلنج.
*- الكلوروفورم يختزل محلول فهلنج وبالتالى يعوق تقدير الجلوكوز فى البول .
٤ - الثيمول :- يمكن استخدامه فى صورة بعض البلورات او كمحلول بتركيز ١٠% (١٠ جم ثيمول / تستكمل الى ١٠٠ سم٣ بكحول ايزوبروبانول) ويكفى ٥ سم٣ من هذه المحلول لحفظ لتر بول .
-ويستخدم الثيمول فى حالة تقدير كل من :-
*الصوديوم .
*البوتاسيوم.
*البروتين.
*الكلوريد .
*الكرياتينين.
*الكتيونات.

٥ – الفورمالين:– يمكن استخدامه او استعماله كمحلول بمعدل ٣:٤ نفط /١٠٠مل٣ بول ويحذر زيادتة حيث يتداخل مع تقدير السكر .
٦– حامض الاسكوربيك:– يستخدم كمحلول ١٠% وكذلك يستخدم :–
حمض الخليك او الميتانوفوسفوريك .
٧– وفى كل الاحوال اذا جمع البول بطريقة صحيحه بدون تلوث وحفظ بالتجميد فيعتبر كافيا لحفظ مكوناته دون تغير لفتره طويله .
* ملاحظه هامه :– الكميه فى الجميع (١٠%) ماعدا الفورمالين من ٣:٤ نقط .

عينات الروث Faces Samples

** تتكون عينة الروث من المكونات الاتيه :–
١– المواد المهضومه غير الممتصه .
٢– المواد الغير مهضومه التى مصدرها الغذاء
٣– المواد المفرزه من القناه الهضميه مثل :– (الانزيمات – الصبغا ت – العصارات) .
٤– الخلايا المتساقطه من جدر الجهاز الهضمى وبعض كرات الدم الحمراء .
٥– جدر البكتريا والبروتوزوا وبعض الفيليات .
٦– الماء.
٧– المواد الغريبه الملوثه للطعام .

** طرق جمع عينة الروث :–
١–من صناديق الهضم :– جمع كمى خلال ٢٤ ساعه لتقدير الموازين الغذائيه .
٢– من خلال اكياس الروث :– فى الحيوانات التى ترعى او الحيوانات الكبيره .
٣– اخذ عينه من المستقيم مباشرة .
** وتئخذ يوميا عينه ممثله نسبتها ١٠% من كمية الروث التى اخرجها الحيوان خلال فترة الجمع (اثناء الدور الرئيسى).
** طرق حفظ عينة الروث :–
أ– بالتجفيف الاولى على٦٠:٧٠م لمدة ٢٤ ساعه .
ب– التجميد وهى طازجه باستخدام "Deep Freezing" ولا تحفظ العينه فى جو الثلاجه العادى حتى لا تصاب بنمو العفن وبعض الفطريات فتفسد العينه .
** بالنسبه لعينات زرق الدواجن حيث البول مختلف مع الروث :–
فيتم فصل البول عن الروث عن طريق :–
١– الطريقه الميكانيكيه .
٢– الطريقه الكيمياويه .
٣– الطريقه الجراحيه.

طرق الحصول على سائل الكرش : Rumin liquer

ا– طريقة اللى المعدى Stomach Tube
ب– طريقة فتحة الكرش المستقيمه الصناعيه Fistula .
(أ) طريقة اللى المعدى :–
- من مميزاتها :– انها لا تحتاج الى اجراء جراحة للحيوان .
- من عيوبها :–
١–احتمال تلوث العينه باللعاب (قلوى التاثير) .
٢– احتمال الحصول على عينه غير ممثله لسائل الكرش .
(ب) طريقة فتح الكرش الصناعيه :–
من مميزاتها :–
١–امكانية الحصول على عينه ممثله وبكميه كبيره .
٢–لا يوجد احتمال لتلوث العينه باللعاب .
من عيوبها :–
تحتاج الى اجراء جراحه للحيوان وقد يتسبب ذلك فى تلوث الجرح خاصة عند عدم الاهتمام بتطهيره بصفه مستمرة.
** اهم القياسات بسائل الكرش :–
١–حموضة الكرش "pH" (حيث تقاس فى الحال بعد اخذ العينه) .
٢– الامونيا :– (حيث تقاس فى الحال بعد اخذ العينه) .
٣–الاحماض الدهنيه الطياره الكليه وتصنيفها [TVFA ‘S] Total Volatile Fatty Acids

٤- Fraction Volatile Fatty Acids [FVFA'S]
5- الميكروفلورا (بكتريا وبروتوزا) ـ العدد الكلى – تصنيفها – نشاطها.
٦- معدل التخمر "Fermentation Rate"
** طرق حفظ سائل الكرش
- يجب عند قياس او تقدير كلا من الحموضة الـ pH و الامونيا مباشرة دون حفظ أى بمجرد الحصول على العينة وذلك لسهولة حدوث نغير فى قيمتها ولا يجب تقديرهما بعد الحفظ
- يمكن حفظ العينة بالتجميد freezing لاجراء تقديرات الاحماض الدهنية الطيارة وتصنيفها ، او فى حالة الضغط الاسموزى والعناصر المعدنية .
- ففى حالة تقدير [TVFA 'S] الاحماض الدهنية الطيارة الكلية
يؤخذ ٢ سم٣ سائل كرش مصفى(SRL+ ٢سم٣ حامض اورثوفوسفوريك مركز + ١سم٣ حامض يدكل (Hcl س/١٠) ثم حفظ العينة فى لاثلاجة لفترة محدودة او فى الديب فريزر لفترات طويلة لمنع تطاير تلك الاحماض ، ويتم الحفظ تحت تجميد لحين التقدير بجهاز ميكرو كلداهل البروتين .
- فى حالة تقدير " FVFA " وظائف الاحماض الدهنية الطيارة .
- يؤخذ عينة مقدارها ٥سم٣ من سائل الكرش المصفى SRL +١سم٣ من حامض الميتا فوسفوريك ٢٥ % ثم الطرد المركزى وفصل الجزء الرائق supernatant ويوضع فى زجاجة بنسلين ويوضع فى الثلاجة او الديب فريزر حسب مدة الحفظ لحين القياس بإستخدام جهاز GLC .
- فى حالة تقدير قياسات الميكرو فلورا :
- تحفظ العينة بإستخدام ١) محلول فورمالين ١٠% . ٢) محلول اليود .
لوقف نشاط الميكروبى (الميكرو فلورا) بمجرد الحصول على العينة .
- معدل التخمر Fermentation rate
زجاجة ال In vitro + جهاز البلانوميتر
عينات الدم : Blood Sample
** وقت اخذ العينة
- حسب نوع الدراسة والهدف منها والتقديرات التى تتم عليها
- وهناك عينات تؤخذ قبل التغذية او اعطاء المعاملة وتسمى غالبا بال Zero time
- والباقى على فترات Intervals قد تكون 2,4, and 6 hrs او غيرها .
** مكان اخذ العينة
- الوريد الوداجى فى الماشية والاغنام والماعز والجمال
- وريد الاذن او من الذيل فى الفئران
- وريد الجناح او العين (مقابل الملتحمة) فى الطيور
- وريد الاذن فى الارانب
* تؤخذ عينة الدم من مناطق مختلفة من الحيوان
- طرق اخذ العينة
١) سرنجة طبية نظيفة
٢) الانبوبة المفرغة
٣) الانابيب الشعرية (الهيما توكريت)
٤) الذبح العادى
- ملاحظات هامة :-
١) الانابيب المفرغة Evacuated tube حيث ضغط الهواء بداخلها اقل من الضغط داخل الوريد فيتدفق الدم اليها بسرعة وسهولة وهذه الانابيب فى الغالب تحتوى على الهيبارين .
٢) بعد الحصول على عينة الدم الكامل يأتى القرا ر بفصل البلازما او تركه يتجلط لفصل السيرم او الحفاظ عليه كما هو والفيصل فى اتخاذ هذا القرار هو نوع التقديرات المراد اجرائها فبعضها يتم فى الدم الكامل واخرى تتم فى السيرم وثالثة فى البلازما .

** مكونات الدم :-
١) المكونات الخلوية :
عند ترك الدم الكامل يتجلط ينفصل سائل شفاف رائق تتكون جلطة او خثرة Clot فالجزء الرائق يمثل السيرم ام الجلطة (المكونات الخلوية) تتكون من :

– كرات الدم الحمراء + كرات الدم البيضاء + الصفائح الدموية + الفيبرينوجين + الثرومبين + فيتامين + عنصر الكالسيوم .
٢) بلازما الدم :
تحتوى على الفيبرين حيث يضاف الى الدم مضاد للتجلط Anti coagult فلا تتكون الجلطة وبالطرد المركزى يمكن فصل البلازما (سائل اصفر اللون) يحتوى على السيرم + بروتين الفيبرين .
– س: ماهو الفرق بين السيرم والبلازما ؟
– السيرم يحتوى على المكونات الخلوية فقط
– البلازما تحتوى على المكونات الخلوية و بروتين الفيبرين (السيرم + الفيبرين)
* ويأتى فى هذا المقام شرح كيفية تكوين الجلطة الدموية .. كيفية تكوين الجطلة الدموية ؟

Mechanism of Clot formation

Prothrombinogen —(Vit K / Ca ++)— Prothrombin —(Prothrombinase)— thrombin

" Liver "

Liquid blood protein
↓
Solid Protein
Fibrin = Blood Clot

ويجب ان تكون عينات كلا من البلازما والسيرم خالية من اللون الاحمر الذى يدل على التكسر كرات الدم الحمراء Hemolysis ويرجع حدوث هذا التحلل نتيجة لاحد هذه الاسباب :
١) زيادة كمية مانع التجلط فى حالة الرغبة فى فصل البلازما
٢) التناول الخاطئ لعينة الدم (كأن ترج بشدة قبل الفصل)
تتكون الخثرة او الجلطة خلال ساعتين من سحب العينة لذلك يجب عمل التقديرات اللازمة خلال خمس ساعات من جمع العينة والا فيجب حفظها عل درجة حرارة من ٢ : ٤ م لمدة ٢٤ ساعة واذ لم يتم التقدير خلال ٢٤ ساعة فيجب حفظها بالتجميد على درجة حرارة لاتزيد عن – ١٢ م ثم يجرى لها اسالة thowingعلى درجة حرارة ٣٧ : ٤٥ م فى حمام مائى ولا تزيد الدرجة عن ذلك حيث قد تؤدى الى التغير فى طبيعة البروتينات Denaturation وبالتالى صعوبة تقديرها .
** مضادات موانع التجلط Anti coagulants
١) الهيبارين Heparin
هى اكثر المواد المانعة للتجلط استعمالا حيث يقوم بتثبيط تكوين الثرومبين من البروثرومبين ولا يؤثر على مكونات الدم لانه يوجد به طبيعا فى جسم الانسان والحيوان ويستخدم الهيبارين بنسبة :
٢مجم / ١٠سم ٣ دم (نقطة على جدار الانبوبة وترج جيدا لتوزيعها)
٢) اكسالات الصوديوم والبوتاسيوم Na and K Oxalate
تقوم بالتفاعل مع الكالسيوم وترسبه وهى اكثر استخداما فى صورة اكسالات بوتاسيوم لانها اكثر ذوبانا وتستعمل بمعدل : ١٠– ٢٠ مجم / ١٠سم٣ دم وتستخدم فى صورة مسحوق او يحضر محلول ٣٠ % ثم تعادل وتضبط درجة الحموضة لتصبح pH = 7.4 بإضافة NaoH ثم يؤخذ ا, سم٣ لكل ١٠سم ٣ دم
٣) مخلوط من اكسالات الامونيوم والبوتاسيوم :
يستخدم بنسبة ٣:٢ ويضاف للانبوبة بمعدل ٢مجم /١٠سم٣ دم ولايجب استخدام اوكسالات الامونيوم فى اى تقدير خاص بالنيتروجين حتى لا يحدث تداخل بين كلا من نيتروجين العينة ونيتروجين اوكسالات الامونيوم .

٤) سترات الصوديوم
السترات لاترسب الكالسيوم ++Ca ولكن تحوله الى صورة غير ايونية (يرتبط بالسترات فلا يصبح حرا فلا تتكون الجلطة)
٥) كلوريد الصوديوم :
يستخدم بمعدل ١٠٠ مجم / ١٠سم٣ دم ولا يستخدم فى حالة تقدير الانزيمات
٦) " EDTA " Ethylin Di-amin Tetra Acetic Acid

** أهم التقديرات التى تتم على الدم :
١) اولا : تقديرات تتم فى الدم الكلى
- الامونيا - الكربوكس هيموجلوبين
- الهيموجلوبين - الجلوكوز
- الالكتات - الرصاص
- النيتروجين الكلى - البيروفات
- اليوريا - المكوانت الخلوية الكلية (الهيماتوكريت) او يطلق عليها " PCV "
Packed cell Volume
- عدد كرات الدم البيضاء -عدد كرات الدم الحمراء
٢) ثانيا : التديرات التى تتم فى البلازم :
١) البروتين الكلى " T p " والالبيومين A وبالطرح نحسب الجلوبولين Tp - A
٢) وبالنسبة ALG حسابيا والاحماض الامينية واليوريا
٣) بعض الانزيمات مثل (الاميليز والليبيز) وال GPT , GOT (وظائف الكبد)
٤) بعض الهرمونات مثل (ال T3 و ال T4) لدراسة نشاط الغدد الدرقية
٥) العناصر المعدنية مث الكالسيومن والصوديوم والبوتاسيوم
٦) الدهون الكلية والكوليسترول والكرياتين والكرياتينين(لقياس وظائف الكبد)
٧) الفيتامينات مثل (فيتامين A)
٨) Bilirobin (وظائف الصفراء)
ثالثا: تقديرات تتم فى السيرم
- البيكربونات - كلوريد
- حامض الاسكوربيك - النيتروجين
** مرسبات البروتين Protein Precipitant
- تعتبر ازالة البوتين من الدم اول خطوة فى معظم التقديرات بالدم (البروتين ذو الوزن لالجزئى الكبير فيعيق التقديرات بالطرق الضوئية)
- ولهذا الغرض يوجد العديد من الكركبات التى تستخدم للترسيب مثل :
١) حمض التنجستين : بتركيز ١٠% (صوديوم تنجستين يذاب فى حمض كبريتيك ٣/٢ عيارى)
٢) تراى كلورو اسيتك اسيد " TCA " تركيز ١٠% .
٣) املاح الزنك القلوية : ١٠% كبريتات زنك + محلول NaoH نصف عيارى
٤) بعض المذيبات العضوية :
مثل مخلوط ايثير - ايثانول لترسيب البروتينات لاستخلاص الدهون والكلوسيسترول
** التغيرات التى تحدث فى عينة الدم عند حفظها :
١) فقد ثانى اكسيد الكربون: حيث محتوى البلازما من الـ CO_2 اكبر منه فى الهواء لذلك يحدث فقد من الCO2 البلازما الى الجو المحيط .
ولتقليل فقد CO2 من البلازما يجمع الدم تحت برافين سائل وتفصل البلازما فى الحال .
٢) تحول الجلوكوز الى حامض لاكتيك .
- يمكن منع تحول الجلوكوز الى حامض لاكتيك بإضافة كلوريد صوديوم
٣) زيادة كمية الفوسفات غير العضوى (المعدنى)
- وهذا يتكون من استر فوسفات الخلايا العضوى الموجود فى الخلايا استر فوسفات الخلايا (العضوى) الفوسفات الغير لعضوى (المعدنى)
- ولتفادى ذلك تفصل البلازما من الخلا يا بأسرع مايمكن
- ٤) تكوين الامونيا من المواد الازوتية :
وذلك بواسطة انزيم اليورييز الذى يحول اليوريا الى امونيا وثانى اكسيد الكربون
٥) مرور بعض مكونات الخلايا لاى البلازما :
مثل البوتاسيوم الذى يوجد بتركيز اعلى من الخلايا عن البلازما ولتفلادى ذلك يتم فصل البلازما من الخلايا بأ سرع مايمكن ويتمك انتقال البوتاسيوم منم الخلايا الى البلازما
بدرجة اسرع عند ٤ م عنه فى درجة حرارة الغرفة
٦) تحول البيروفات الى لاكتات :
ولذلك يجب خلط الدم فى الحال بمرسب للبروتين والفصل السريع للبلازما .

** حفظ عينة الدم
١) الجلطة (الخثرة) تتكون تماما خلال ساعتين فيجب سرعة العمل مع استخدام مانع تجلط والانتهاء من العمل المطلوب خلال ٥ ساعات على الاكثر
٢) الحفظ على درجة حرارة ٢ : ٤ مئوية لمدة ٢٤ ساعة
٣) التجميد فى درجة حرارة لاتزيد عن -١٢ م .
** بعض تقديرات الدم :
الهيموجلوبين : " Hb " Hemoglobin
- مقدمة : -
- يوجد الهيموجلوبين داخل كرات الدم الحمراء (عملية التنفس بحمل الاكسجين)
وهو عبارة عن مركب بروتينى معقد ذو وزن جزيئى كبير (٦٧.٠٠٠ الف)
يتكون الهيموجلوبين من :
الجلوبين (٩٦ %) + الهيم (٤%) المحتوى على ذرة الحديد الثنائية التكافؤ
تختلف خواص الهيموجلوبين فى الحيوانات المختلفة (شكل البللورات) والقدرة على الاتحاد مع الكسجين ويرجع ذلك الى نوع الجلوبين
تختلف نسبة الهيموجلوبين فى الدم على حسب :
١) العمر
٢) الجنس
٣) التغذية
٤) النشاط العضلى
٥) الاصابة بالامراض
- نسبة الهيموجلوبين فى الحيوانات حديثة الولادة اكبر منها فى الحيوانات البالغة والحيوانات العالية الادرار (٤٧ .٥ %) أعلى منها فى منخفضة الادرار(٤٤.٥%)
- تقدير الهيموجلوبين :

Haemoglobin —(Pot – ferri – cyanide)→ Methamoglobin —(Pot cyanide)→ Cyan – Methaemoglobin

يتم تقدير الهيموجلوبين كما يلى :
١) ٢٠ ميكرو ليتر من الدم + ٥سم٣ من الدليل
٢) يترك بعد الخلط الجيد لمدة ٥ دقائق
٣) ثم يتم القياس على طول موجى ٥٠٤ مع استخدام البلانك
اذا تركيز الهيموجلوبين (جرام / ١٠٠مل دم) = قراءة الجهاز * ٣٦.٨ (٤سم٣ دليل)
تركيز الهيموجلوبين (جرام / ١٠٠مل دم) = قراءة الجهاز * ٤٦ (٥سم٣دليل)
الاهمية الاكلينيكية لتقدير الهيموجلوبين :
له علاقة مباشرة بصحة الحيوان (فقر الدم – الانيميا)
** تقدير المكونات الخلوية (PCV)
% للمكونات الخلوية = طول عمود المكوانات الخلوية / طول عمود الكلى للدم × ١٠٠
١) المكونات الخلوية
٢) البلازما (عمود الدم الكلى)
** الأهمية الاكلينيكية : لها علاقة مباشرة بصحة الحيوان (مكونات الدم عامة)
- بروتينات البلازما : انواع بروتينات البلازما
١ – البيومين ٢- جلوبيولين (ألفا-١ ، ألفا-٢ ، جاما ، بيتا) ٣- فبرينوجين

** وتختلف نسبها وخصائصها باختلاف الحيوانات : **جدول رقم (٩٦)**

الحيوان	بروتين كلى	البيومين	جلوبيولين	فبرينوجين
الحصان	٦.٤٨	٣.٢	٣.٢٥	٠.٣٤
البقرة	٨.٣٢	٣.٦٣	٣.٩٨	٠.٧٢
الاغنام	٥.٧٤	٣	٣.٣١	٠.٣٦
الماعز	٧.٢٧	٣.٩٦	٢.٧١	٠.٦٠
الانسان	٧.٣٥	٤.٨٠	٢.٣٠	٠.٣٠

** الكبد المصدر الاساسى والوحيد للفبرينوجين والالبيومين ومعظم الجلوبيولين بالاضافة الى الجاما جلوبيولين التى تنشأ من خلايا البلازما و الانسجة الليمفاوية .

** توجد علاقة مباشرة بين كمية ونوع بروتين الغذاء وتكوين بروتينات البلازما .

** وظائف بروتينات البلازما :

١) افيبرونوجين هام لتكوين الجلطة الدموية ا
٢) تعطى الدم درجة لزوجته (ضغط الدم)
٣) تتوقف سرعة ترسيب كريات الدم الحمراء على النسبة بين الالبيومين الى الجلوبيولين
٤) تكوين الاجسام المناعية الجاما جلوبيولين
٥) تعمل كاناقل انزيمى Carrier
٦) الحفاظ على حموضة الدم .

** المواد االازوتية غير البروتينية يتم التخلص من معظمها عن طريق الكليتين بالبول
وهى نواتج وسيطة ونهائية لتمثيل البروتين (اليوريا النسبة الكبرى ، حمض اليوريك،الكرياتين،الكرياتينين،املاح الامونيا)
توجه بنسبة ٠.٠٠٢% فى البلازما(٢:٣%من النيتروجين الكلى بالدم)
توجد علاقة مباشرة بين مستواها بالدم ومدى نشاط الكليتين فى تادية وظيفتها

** تقدير البروتين الكلى T p
- Test : ٤ سم٣ من الدليل + ا، سم٣ من البلازما
- Stander : ٤ سم٣ من الدليل+ا، سم٣ البيومين
*يتم الخلط الجيد فى كلا من Test , Stander
*الانتظار لمدة نصف ساعة
*القياس على طول موجى(٥٥٠ nm)
% للبروتين الكلى T p = قراءة الجهاز للعينه الTest / قراءة الجهاز للعينة ال Stander × ١٠٠

** تقدير الالبيومين: A
- Test
٥سم٣ من الدليل+ ا،سم٣ من البلازما
- Stander
٥سم٣ من الدليل + ا، سم٣ البيومين
– يتم الخلط الجيد لكلا من العينتين Test , Stander كلا على حده ..
– الانتظار لمد ١٥ دقيقة .
– القياس على طول موجى nm ٦٢٨ .
N % " A " = قراءة الجهاز للعينة ال Test /قراءة الجهاز للعينة ال Stander × ١٠٠

** تقدير الجلوبيولين " G "
– بالفرق
– % للجلوبيولين =% للبروتين الكلى– % للالبيومين
%G = % T p - % A

** سادسا:عينات اللحم والانسجة والاعضاء .
(١)عينات اللحم لدراسة نسبة الصافى والتشافى ونسبة الدهن ونسبة البروتين تختلف هذة الدراسة الاختلاف نوع الحيوان كما يلى:
١)تحليل الذبيحة كله كما فى الفئران والكتاكيت والدجاج والسمك
٢)النصف الطولى للذبيحة كما فى المجترات الصغيرة (الماعز والاغنام).

٣) الضلوع رقم (١٢ ، ١٣ ، ١٤) بالاضافة الى العضلة العينية (فى الضلوع رقم (٩ ، ١٠ ، ١١) كما فى المجترات الكبيرة مثل (الجاموس والابقار) وهذه تمثل صفات الذبيحة الى حد كبير .

هذه الدراسة إما

وصفية	طبيعية	كمية
– الطراوة	– المرمرية	– التحليل الكيماوى
– الفقد بالطبيخ	– التذوق	– رطوبة
– الفقد بالضغط		– رماد
		– دهن
		– بروتين

** الرطوبة والرماد والدهن تطرح من١٠٠ لتقدير البروتين مبدئيا (تقريبا)

(٢) عينات الاعضاء :
كالكبد والكليتين والقلب (استخلاص بعض الانزيمات) والهرمونات التى تفيد فى الدراسة
(٣) عينات الغدد : يتم اخذ بعض الغدد من الجسم مثل الدرقية او النخامية وعمل مستخلص واختبارها فى حيوانت التجارب .
(٤) عينات الانسجة :
أخذ انسجة من الجسم وتجميدها للعرض وتقطيعها الى شرائح للفحص الميكروسكوبى ولكل منها احتيطات واجراءات خاصة بها .

** سابعا عينات اللبن : Milk Samples

– يجب ان تكون عينات البن ممثلة اليوم الكامل حيث يحلب الحيوان مرة واحدة فى اليوم وتؤخذ منه عينة ممثلة او ان يحلب اكثر من مرة فى اليوم وفى كل مرة تؤخذ عينة ممثلة

** طرق الحصول على عينات اللبن :

١) الطريقة العادية :

*مجموعة كنترول *مجموعة المعاملة الاولى *مجموعة المعاملة الثانية

– حيث يجب ان تكون ظروف كل المجموعات واحدة بحيث لايقل العدد عن ٢٠ حيوان ومتوسط الوزن والعمر والنوع وموسم الحليب لا يقل عن الثالث ولابد ان تؤخذ العينات خلال فتوة المثابرة Peak

٢) طريقة عود الى بدء : Swing Over Method

– حيث يتم اختيار مجموعة واحدة متماثلة فى الظروف (العمر والوزن وموسم الحليب النوع ومتوسط الادرار) ويتم معاملتها بالطريقة التالية

Control	T1	T2	Control
Control	T2	T1	Control

حيث تستمر كل معاملة لمدة 21 يوم منها ١٤ يوم تمهيدى و٧ ايام جمع وتؤخذ العينة فى اليوم الرابع

**ومن التقديرات المختلفة التى تتم على اللبن

١) تقدير حموضة اللبن
٢) تقدير كثافة اللبن
٣) تقدير دهن اللبن
٤) .تقدير رماد اللبن
٥) تقدير الجوامد الكلية (المادة الجافة)
٦) تقدير بروتين اللبن
٧) تقدير الجوامد اللا دهنية S.N.F
٨) تقدبر لاكتوز اللبن

** تقدير حموضة اللبن : –

– يؤخذ ٥٠سم٣ من اللبن + ١٠ نقاط من الدليل الفينول فثالين فى بوطقة نظيفة يتم ملى السحاحة بالصودا الكاويه (معلومة العامل) ثم يتم المعايرة حتى ظهور اللون الوردى الواضح

– حموضة اللبن = عدد سم٣ الصودا الكاوية × العامل × ٢ / ١٠٠

** تقدير كثافة اللبن يتم تقدير كثافة اللبن باستخدام اللاكتوميتر

قراءة اللاكتوميتر =٢٨.٥
كثافة اللبن = ١.٠٢٨٥
**تقدير دهن اللبن
– يتم تقدير دهن اللبن باستخدام انبوبة جربر
– حيث يوضع بها ١٠سم٣ حامض الكبريتيك مركز+١١ سم٣ عينة اللبن باستخدام ماص اللبن +١.٥سم٣ كحول ايمايل ثم التقليب وبرفق ثم اجراء الطرد المركزى ثم قياس عمود الدهن .
**تقدير رماد اللبن
– يتم وزن بوتقة احتراق فارغة وبها قصاصات من ورق الترشيح
– يوضع ١٠سم٣ لبن
– ثم يتم وزن البوتقة وبها اللبن (ثم حساب وزن اللبن)
– يتم الحرق بالبوتقة ومحتوياتها فى فرن احتراق ثم التجفيف على ٦٠ م
– ثم حساب النسبة المئوية للرماد
** تقدير المادة الجافة (الجوامد الكلية) Total Solid (T . S)
١) بالوزن العادى
٢) باستخدام القانون جـ = ١.٢+٢.٦٦٥((١٠٠ث–١٠٠)/ث)
٣) اوباستخدام القانون جـ =١.٢ د+درجة اللبن/٤+٠.٢٥
لايجاد درجة اللبن لابد من معرفة كثافة اللبن فمثلا كثافة اللبن ١.٠٣١٥ ⟵ اذا درجة اللبن ٣١.٥
**تقدير بروتين اللبن T p
يتم التقدير بطريقة مايكرو كلداهل او طريقة كلداهل العادية
١) (هضم "العينة من ٤:٥ جم لبن)
٢) تقطير
٣) معايرة
بضرب الازوت × ٦.٤

بقرى ٣.٨ ↓
كازين ٣.١ — البيومين وجلوبيولين ٠.٧

جاموسة ٤.٥ ↓
كازين ٣.٦ — البيومين وجلوبيولين ٠.٩

** تقدير الجوامد اللادهنية : S.M.F
الجوامد الادهنية = الجوامد الكلية –% للدهن
الجوامد الادهنية = جـ – % د
* تقدير لاكتوز اللبن
% للاكتوز = جـ – (% للدهن+ % للبروتين+ % للرماد)
** حفظ عينة اللبن :
١) بالبسترة .
بالتجميد ثم السالة فى حمام مائى .

دراسة نشاط الإنزيمات

- **التمثيل الغذائى:**
  - ✓ **بناء –هدم (خطوتان متلازمتان).**
  - ✓ **نواتج عملية الهدم لها تأثير ضار إذا زاد تركيزها (من الممكن أن تسبب سمية) فلابد من التخلص من هذه المركبات السامة.**
  - ✓ **أهم الطرق الموجودة فى الجسم للتخلص من المواد الضارة هى الإنزيمات**

مثال توضيحى:

$$H_2O + O_2 \longrightarrow H_2O_2$$

إنزيم الكتاليز يقوم بتكسير هذه المادة (التى لها تأثير ضار) إلى ماء و أوكسجين

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

✓ **أى تفاعل إنزيمى لكى يتم يلزم له ثلاث شروط:**

١- معرفة الإنزيم نفسه.

٢- معرفة مادة التفاعل.

٣- معاون الإنزيم.

✓ **قارن بين التفاعل الإنزيمى والتفاعل الكيماوى:**

وجه المقارنة	التفاعل الكيماوى	التفاعل الإنزيمى
مادة التفاعل	بمجرد إنتهائها يتوقف التفاعل	التفاعل مستمر لفترة طويلة لأن الإنزيم مادة حيوية
أساس التفاعل	على أساس الأوزان المكافئة	على أساس قوة الإنزيم (١ مول إنزيم كتاليز يقوم بتكسير ٥ مليون مول من H_2O_2 على درجة صفر مئوى

دراسة نشاط الانزيم:

✓ **لكي دراسة نشاط الإنزيم يتم الحصول على مستحضر الانزيم ويضاف لمادة التفاعل ثم ننتظر حتى يظهر الانزيم اثره.**

✓ **الانزيم يقوم بتكسير مادة التفاعل .**

✓ **ينم المعايره بالبرمنجانات قبل وبعد عمل الانزيم بخمس دقائق.**

قراءة السحاحة قبل عمل الانزيم= ٧ سم.

قراءة السحاحة بعد عمل الانزيم= ٤ سم.

اذن نشاط الانزيم= ٧- ٤= ٣سم.

تعريف نشاط الانزيم:

هو عباره عن الجزء الذي قام الانزيم بتكسيره من مادة التفاعل.

✓ **لكي يتم نشاط الانزيم يلزم لذلك عدة تحضيرات او مستحضرات (المستحضرات الانزيمية او الكيماوية).**

١- مستحضرات الانزيم

ا) يتم اخذ عينة من كرات الدم الحمراء.

ب) غسل الاصبع الابهام بقطنة مبللة بالكحول.

ج) يتم احضار دبوس ابرة ويتم تعقيمه جيدا ثم يتم عمل شق في الاصبع الابهام.

د) يتم جمع ٢ نقطة من الدم على الابهام يتم سحب الدم بماصة الدم .

هـ) يضاف الدم الموجود بالماصة في انبوبة اختبار مملوءة بالماء المقطر وترج الانبوبة جيدا وبالتالي اصبح لون الانبوبة احمر لوجود كرات الدم الحمراء.

و) اذا ترك في الجو العادي والحراره مرتفعة يفسد الانزيم وبالتالي يتم احضار كاس وبة قطع ثلج مجروش ليحتفظ الانزيم بدرجة حرارته.

٢- مادة التفاعل :

- ✓ **فوق اكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز ٠.٢٤ %**
- ✓ **H_2O_2 بتركيز ٣٠% لكي يتم عمل منها محلول بتركيز ٠.٢٤ % من H_2O_2(٨ سم فى لتر ماء مقطر).**

٣- حامض الكبريتيك:

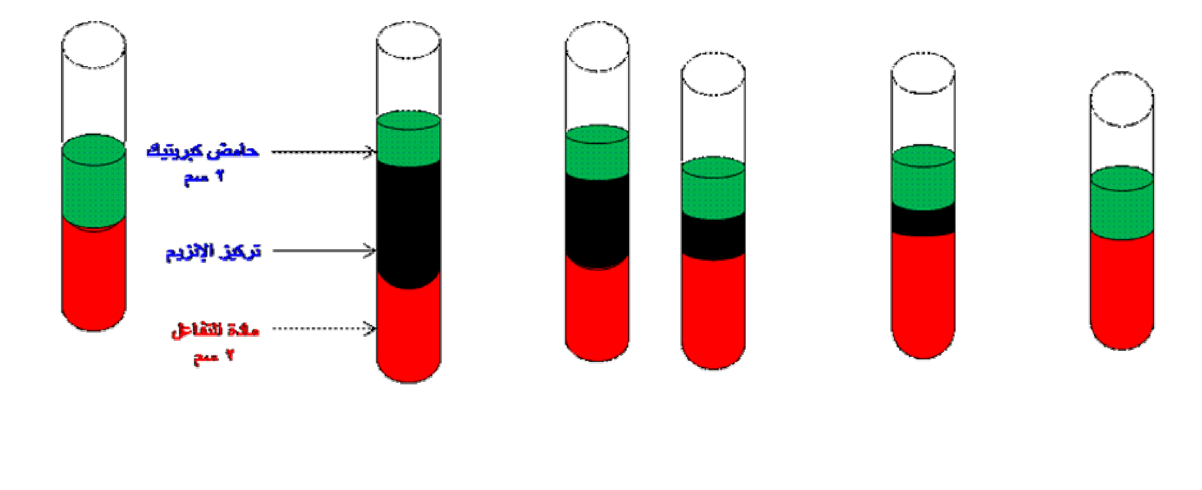
- ✓ **بتزكيز ٢ عياري وهو يستعمل لوقف نشاط الانزيم.**

٤- برمنجنات البوتاسيوم

- ✓ **تركيزها س/٢٠.**
- ✓ **العوامل المختلفة التى تؤثر على نشاط الإنزيم:**
- ✓ **١- تركيز الإنزيم**
- ✓ **٢- تركيزمادة التفاعل**
- ✓ **٣- درجة الحرارة**
- ✓ **٤- الوقت**
- ✓ **٥- درجة الـ pH**
- ✓ **٦- تأثير المثبط الإنزيمى.**

١-تركيز الإنزيم:

- يتم إحضار ٦ أنابيب إختبار ويضاف فى كل أنبوبة ٢ سم من مادة التفاعل H_2O_2 .
  - الأنبوبتين رقم ١ ، ٦ لا يضاف إليهم الإنزيم لأنهم يعنبروا بلانك للمعايرة.
  - الأنابيب الباقية:
    - ٢ يضاف إليها ½ سم من الإنزيم.
    - ٣ يضاف إليها ١.٠ سم من الإنزيم.
    - ٤ يضاف إليها ١.٥ سم من الإنزيم.
    - ٥ يضاف إليها ٢.٠ سم من الإنزيم.
  - بعد إضافة الإنزيم تترك الأنابيب لمدة ٥ دقائق.
  - يتم إضافة ٢ سم حامض كبريتيك لإيقاف نشاط الإنزيم.
  - تتم المعايرة ببرمنجنات البوتاسيوم س/٢٠ للأنابيب وحساب نشاط الإنزيم.



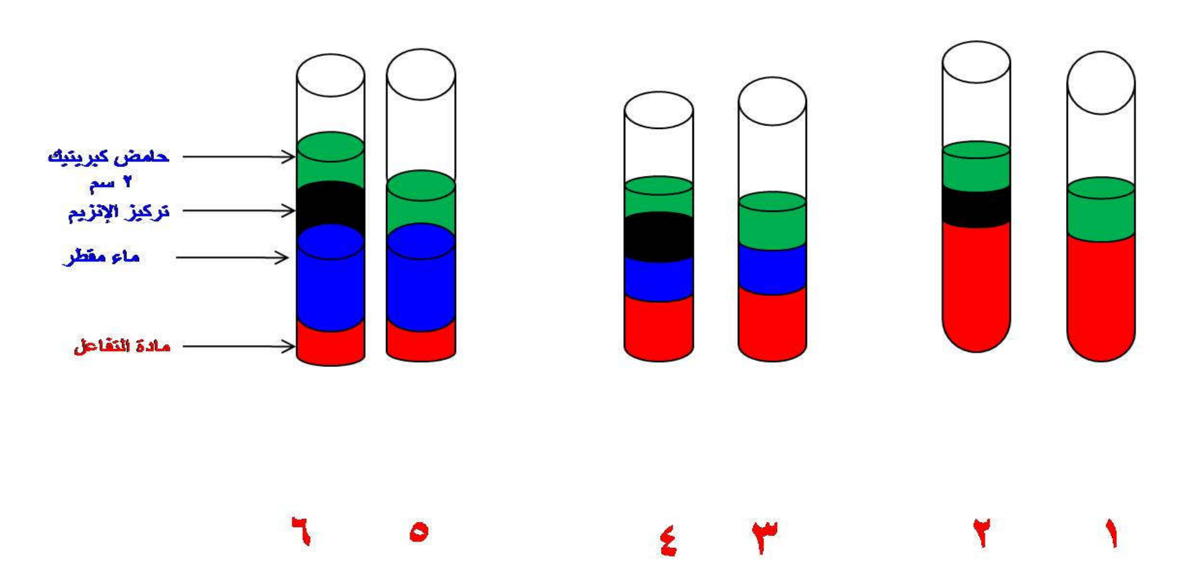
يتم وضع النتائج فى جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2 المختفى
1	2	-	2	6.0	
2	2	0.5	2	5.0	1
3	2	1.0	2	4.0	2
4	2	1.5	2	3.0	3
5	2	0.2	2	2.0	4
6	2	-	2	6.0	

من الجدول يتضح أن نشاط الإنزيم يزداد بزيادة تركيز الإنزيم.

٢-تركيز مادة التفاعل:

- يتم إحضار ٦ أنابيب إختبار.
  - ١ ، ٢ يوضع بهم ٢ سم من مادة التفاعل H_2O_2 .
  - ٣ ، ٤ يوضع بهم ١ سم من مادة التفاعل H_2O_2 + ١ سم ماء مقطر.
  - ٥ ، ٦ يوضع بهم ½ سم من مادة التفاعل H_2O_2 + ١.٥ سم ماء مقطر.
- كل زوج من الأنابيب: النبوبة الأولى لا يوضع بها إنزيم والثانية يوضع بها ½ سم إنزيم
- بعد إضافة الإنزيم تترك الأنابيب لمدة ٥ دقائق.
- يتم إضافة ٢ سم حامض كبريتيك لإيقاف نشاط الإنزيم.
- تتم المعايرة ببرمنجنات البوتاسيوم س/٢٠ للأنابيب وحساب نشاط الإنزيم.



يتم وضع النتائج فى جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	H_2O_2	H_2O	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	H_2O_2 المختفى
1	2	-	-	2	6.0	4
2	2	-	0.5	2	2.0	
3	1	1.0	-	2	5.0	3
4	1	1.0	0.5	2	2.0	
5	0.5	1.5	-	2	3.0	2
6	0.5	1.5	0.5	2	1.0	

من الجدول يتضح أن نشاط الإنزيم يزداد بزيادة تركيز مادة التفاعل.

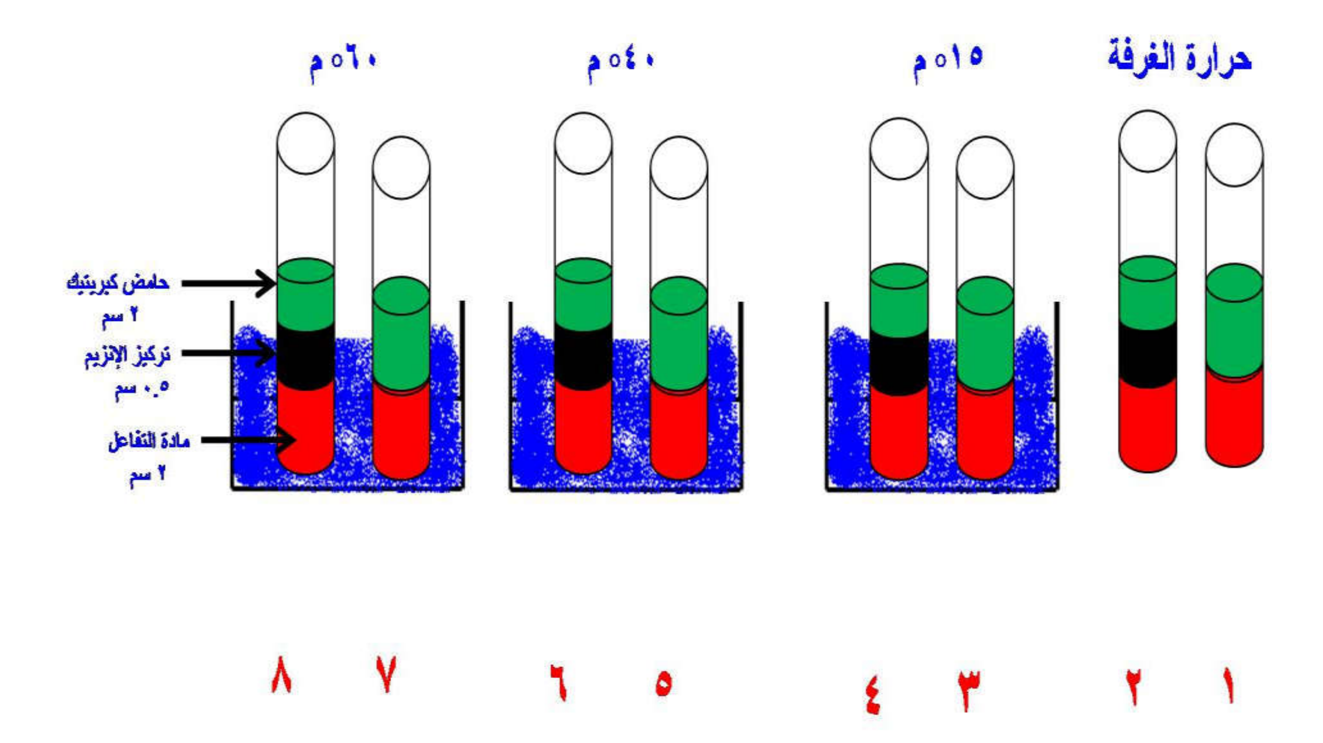
٣-درجة الحرارة:

الهدف من دراسة تأثير درجة الحرارة:

الوصول لدرجة الحرارة المثلى التى يكون نشاط الإنزيم فيها أعلى ما يمكن، وتتم التجربة فى درجة حرارات أعلى وأقل من درجة حرارة الغرفة وتتم التجربة كما يلى:

- يتم إحضار ٨ أنابيب إختبار وتقسم إلى ٤ أزواج (٤ مجموعات):
  - يتم وضع الأنبوبتين (١) ، (٢) على درجة حرارة الغرفة.
  - يتم وضع الأنبوبتين (٣) ، (٤) فى درجة حرارة ١٥° مئوية.
  - يتم وضع الأنبوبتين (٥) ، (٦) فى درجة حرارة ٤٠° مئوية.
  - يتم وضع الأنبوبتين (٧) ، (٨) فى درجة حرارة ٦٠° مئوية.
- بعد ضبط درجة الحرارة فى جميع الأنابيب تضاف مادة تفاعل بمقدار ٢.٠ سم.
- فى كل زوج من الأنابيب نجعل أنبوبة مقارنة Control لا يوضع بها إنزيم والأخرى يضاف بها ½ سم من مستخلص الإنزيم.
- بعد ٥ دقائق يضاف ٢ سم من حامض الكبريتيك على جميع الأنابيب.

تتم المعايرة ببرمنجنات البوتاسيوم ثم تسجل قراءة السحاحةويتم تسجيل القراءات فى جدول.



يتم وضع النتائج فى جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	Temp.	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	المختفى H_2O_2
1	Room	2	-	2	6.0	4
2	Room	2	0.5	2	2.0	
3	15	2	-	2	5.0	2
4	15	2	0.5	2	3.0	
5	40	2	-	2	4.0	1
6	40	2	0.5	2	3.0	
7	60	2	-	2	3.0	0.5
8	60	2	0.5	2	2.5	

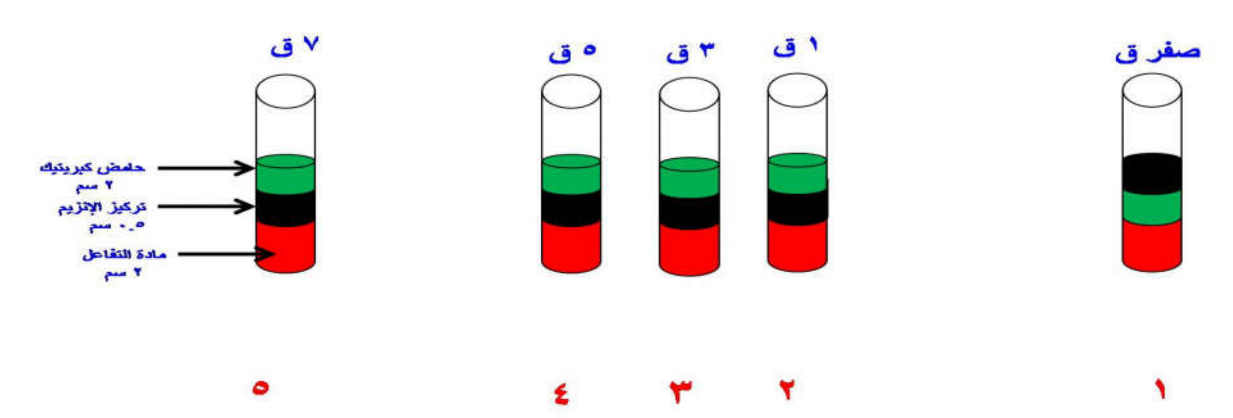
من الجدول يتضح أن أفضل نشاط للإنزيم فى درجة حرارة الغرفة حيث أن أعلى أو أقل منها قد يحدث موت أو قلة نشاط الإنزيم .

٤-الوقت (الزمن):

كلما زادت الفترة كلما قل معدل التفاعل وبالتالى يقل نشاط الإنزيم.

- يتم إحضار ٥ أنابيب إختبار ونضع بهم ٢ سم من مادة التفاعل:
  - الأنبوبة الأولى لجعل الوقت صفر يتم إضافة حامض الكبريتيك أولاً ثم إضافة ½ سم من الإنزيم.
  - باقى الأنابيب (٢)، (٣)، (٤)، (٥) يتم إضافة الإنزيم أولاً ثم إضافة الحامض.

تتم المعايرة وأخذ القراءات وتسجيلها فى الجدول.



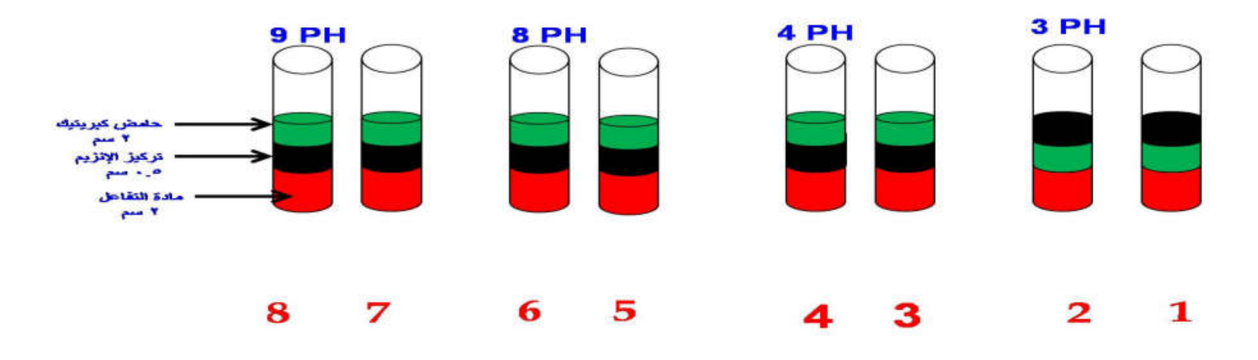
يتم وضع النتائج فى جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	(minute) Time	H_2O_2	Enzyme	H_2SO_4	$KMnO_4$	المختفىH_2O_2
1	0	2	0.5	2	10.0	–
2	1	2	0.5	2	8.0	2
3	3	2	0.5	2	7.0	1
4	5	2	0.5	2	6.0	0.8
5	7	2	0.5	2	5.0	0.7

من الجدول يتضح أن معدل نشاط الإنزيم يقل بزيادة الوقت.

٥-درجة الـ pH:

- نحضر محاليل مختلفة من الـ pH من الوسط الحامضى والقلوى.
  - يتم إحضار ماء مقطر الـ pH له = ٧ (متعادل).
  - يتم إضافة حامض على الماء ويقاس الـ pH بجهاز الـ pH meter ثم يتم عمل محاليل مختلفة من الـ pH بإضافة كميات مختلفة من الحامض.
  - يتم إضافة قلوى على الماء ويقاس الـ pH بجهاز الـ pH meter ثم يتم عمل محاليل مختلفة من الـ pH بإضافة كميات مختلفة من القلوى.
- يتم إحضار ٨ أنابيب إختبار وتقسم الأنابيب إلى مجاميع (كل مجموعة تحتوى على زوج من الأنابيب).
- يتم إضافة مادة التفاعل والإنزيم ثم إضافة حامض الكبريتيك والمعايرة.



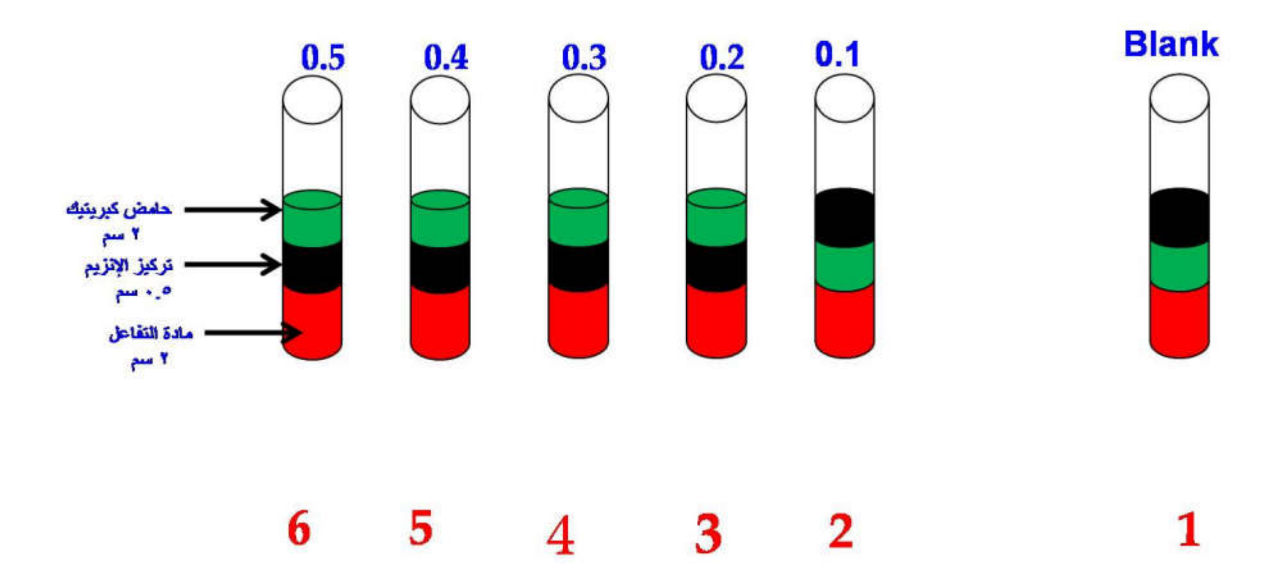
يتم وضع النتائج فى جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	PH	H2O2	Enzyme	H2SO4	KMnO4	المختفىH_2O_2
1	7	2	0.5	2	6.0	2
2	3	2	0.5	2	4.0	
3	7	2	0.5	2	6.0	3
4	4	2	0.5	2	3.0	
5	7	2	0.5	2	6.0	3
6	8	2	0.5	2	3.0	
7	7	2	0.5	2	6.0	2
8	9	2	0.5	2	4.0	

من الجدول يتضح أن أفضل نشاط للإنزيم فى درجة pH المتعادل وأن إنخفاضها أو إرتفاعها يؤدى لإنخفاض نشاط الإنزيم .

٦-المثبط الإنزيمى:

- يتم تحضير المادة المثبطة من سيانيد الوتاسيوم KCN بتركيزات مختلفة منها: ٠.١ ، ٠.٢ ، ٠.٣، ٠.٤، ٠.٥، %.
- يتم إحضار الأنابيب ويوضع كل تركيز من التركيزات السابقة فى أنبوبة إختبار.
- يتم إضافة مادة التفاعل ثم الإنزيم ثم الحامض ثم المعايرة.

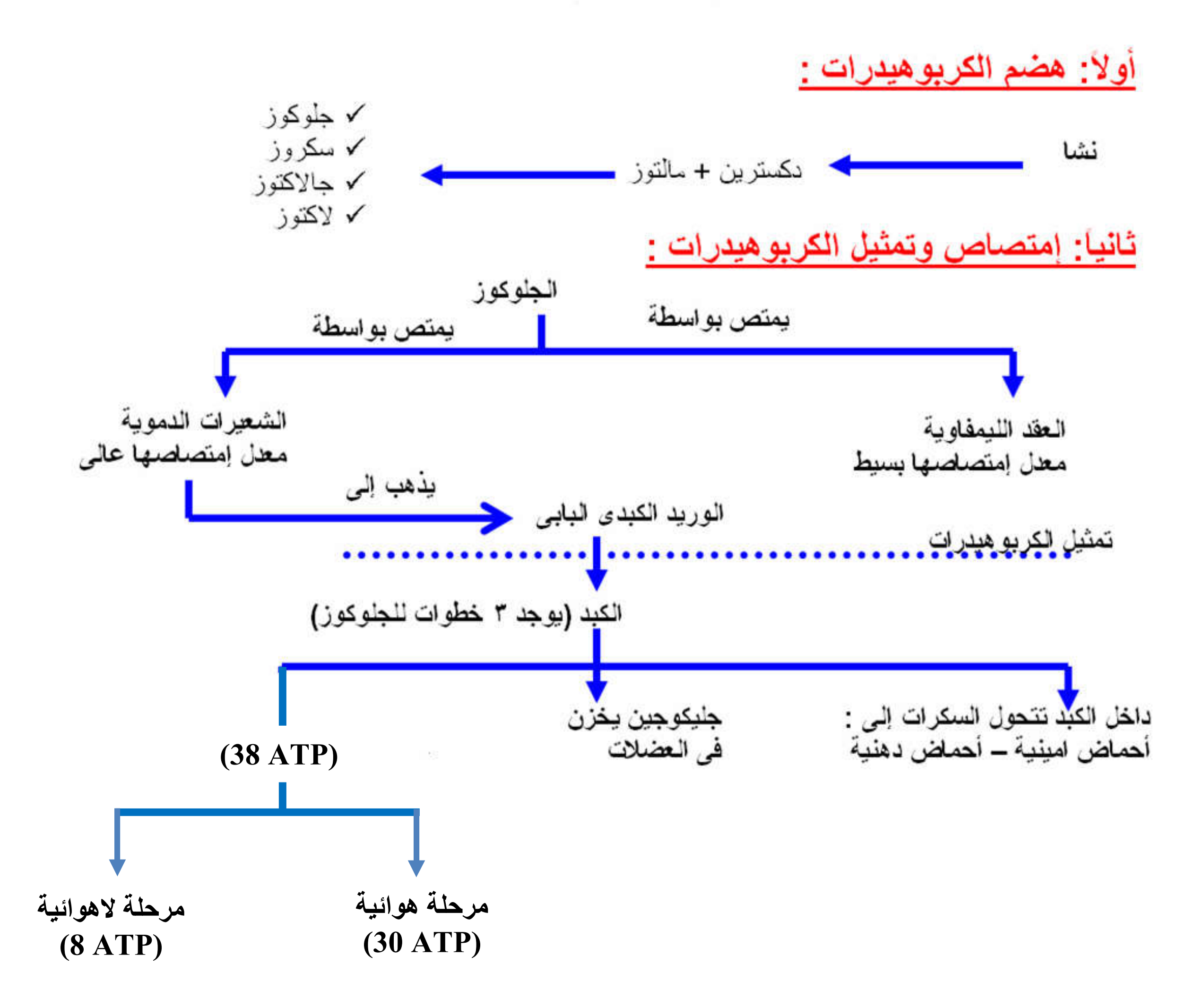


يتم وضع النتائج فى جدول وتسجل النتائج وطريقة الحساب:

Tube no.	المثبط الإنزيمى	H2O2	Enzyme	H2SO4	KMnO4	المختفىH_2O_2
1	0	2	0.5	2	6.0	0
2	0.1	2	0.5	2	2.0	4
3	0.2	2	0.5	2	3.0	3
4	0.3	2	0.5	2	4.0	2
5	0.4	2	0.5	2	5.0	1
6	0.5	2	0.5	2	6.0	0

من الجدول يتضح أن معدل نشاط الإنزيم يقل بزيادة تركيز المواد المثبطة.

مقاييس التمثيل الغذائي للكربوهيدرات



***- مقاييس نسبة السكر فى الدم:**

١) النسبة السليمة فى التحاليل ٨٠-١٢٠ ملجم /١٠٠ مللى دم.

٢) أقل من ٨٠ مللجم   Hypoglycemia

٣) أكثر من ١٢٠ ملجم   Hyperglycemia

***- كيف يتم معرفة مدى إستفادة الجسم من الكربوهيدرات:**

١) تصويم الكائن الحى لمدة ١٢ ساعة.

٢) حقن عينة من الجلوكوز بمعدل ١ جم/ كجم وزن حى.

٣) أخذ عينات من الدم على فترتين:

أ) بعد ١ ساعة من الحقن (نسبة السكر أكبر من ١٢٠ وهى فى الوضع الطبيعى لا يعتبر مرتفع).

ب) بعد ٢ ساعة إذا كانت نسبة السكر أكبر من ١٢٠ يكون السكر مرتفع.

***- ماهى الهرمونات المسئولة عن ضبط نسبة السكر فى الدم:**

١) الأنسولين: يخفض نسبة السكر فى الدم.

٢) الجلوكاجون: يرفى نسبة السكر فى الدم.

***- كيف يتم رفع نسبة السكر فى الدم:**

١) التغذية على وجبة غنية بالكربوهيدرات والدهون Imduer hyperglycemia

٢) الحقن بمادة ال Doxome التى تثبط خلايا β المسئولة عن إفراز الأنسولين.

٣) نزع البنكرياس.

٤) الحقن بهرمون الأدرينالين.

***- تقدير نسبة السكر فى الدم:**

١) عن طريق ترسيب البروتين (Preceptation)

يتم التقدير بترسيب البروتين وذلك لأن البروتين يعتبر أكبر مادة داخل الجسم من حيث الوزن الجزئى فتعيق أى تقدير. حيث يتم نزع جزئ الماء أو تغيير درجة ال PH ، أى يتم إدخال مواد تعمل على تغير فى طبيعة البروتين.

ويتم ترسيب البروتين بالطرق التالية:

- حامض TCA.
- كبريتات الكادميوم
- Folm Reagent
- كبريتات الزنك + NaOH
- المذيبات العضوية

٢) عن طريق عمليات إختزالية (Reduction)

الجلوكوز له القدرة على إختزال أى مادة

جلوكوز + كبريتات نحاس $CuSO_4$ ← أكسيد نحاسوز CuO (أحمر طوبى)

↓

جهاز Spectrophotometer (450 mm)

عيوب الطريقة الإختزالية:

- بعض المواد تختزل عن طريق الجلوكوز وتدخل فى العمليات الإختزالية فترفع من نسبة السكر مثل (اليوريك أسيد – الجلوتاثيون – الثريونين) لذلك ينصح بإستخدام الطرق الإنزيمية.

٣) الطريقة اللونية (Carametic)

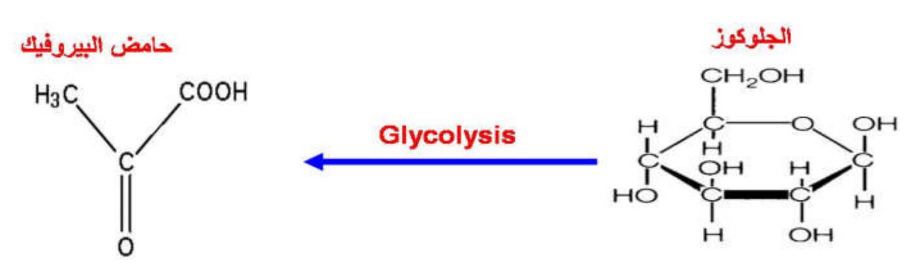
أكسيد النحاسوز + حامض الفوسفومولبيدنك ← معقد لونه أزرق

↓

جهاز Spectrophotometer (450 mm)

***- علل: لا ينصح بترك عينة الدم على درجة حرارة الغرفة عند تقدير نسبة السكر بها .**

وذلك لأن :-



ولذا يتم إضافة أكسالات الصوديوم وفلورين البوتاسيوم بنسبة ٢٠ مللجم/٥مللى دم

١٥ ملجم أوكسالات صوديوم

له تأثيرين:

١) يثبط التمثيل الغذائى لكرات الدم الحمراء

٢) يوقف نشاط البكتريا.

٥ ملجم فلورين البوتاسيوم

وتأثيره:

أنه يوقف نشاط كل الإنزيمات على درجة حرارة الغرفة.

***- نزع السمية (DeToxication):**

١- الأكسدة:

NH_2 — Aminobenzine → (أكسدة) → HO, NH_2 — Parahydroxy aminobenzine

٢- الإختزال:

NO_2 — Nitrobenzene → (إختزال) → NH_2 — Aminobenzine → (أكسدة) → HO, NH_2 — Parahydroxy aminobenzine

٣- الإختزال ثم الأكسدة:

OH — حامض البنزويك (سام) + H–C(H)(COOH)–NH_2 — حامض الجلايسين → حامض الهيبيوريك (غير سام) يخرج مع البول

4- الربط:

OH — حامض البنزويك (سام) + H–C(H)(COOH)–NH_2 — حامض الجلايسين → حامض الهيبيوريك (غير سام) يخرج مع البول

كيف نحكم على وظائف الكبد والكلى والقلب: عن طريق تقديرين هما:

GPT			GOT		
G	P	T	G	O	T
Glutamic-acid	Pyrophic	Trans aminase	Glutamic-acid	Oxal acetic	Trans aminase
إنزيم نقل مجموعة الأمين من الجلوتاميك إلى البيروفيك خاص بالكبد			إنزيم نقل مجموعة الأمين من الجلوتاميك إلى الأوكسال أسيتيك خاص بالقلب		

أذكر الأساس النظرى لتقدير كلاً من GPT و GOT و الكرياتين والكرياتينين:

١- GPT:

glutamate + pyruvate ⇌ (ALT) alanine + α-ketoglutarate

لو درجة نشاط الإنزيم من ٣-٥ فهذا الشخص عنده الكبد

٢- GOT:

glutamate + oxaloacetate ⇌ (AST) aspartate + α-ketoglutarate

لو درجة نشاط الإنزيم من ٥-٢٠ فهذا الشخص عنده القلب

٣- الكرياتين والكرياتينين :

الأرجنين + الجلايسين → جوانيدو أسيتيك أسيد → (- H_2O)

إذا زادت نسبة الكرياتين إلى الكرياتينين من ٥:٧ هذا الشخص يكون مصاب بالكلى.

مقاييـــــــــــــــــــــــس

CONVERSION FACTORS TO SI UNITS

To convert from	To	Multiply by
acre	square meter (m^2)	4.047×10^{3}
angstrom	meter (m)	$1.0 \times 10^{-10\dagger}$
are	square meter (m^2)	$1.0 \times 10^{2\dagger}$
astronomical unit	meter (m)	1.496×10^{11}
atmosphere, standard	pascal (Pa)	1.013×10^{5}
bar	pascal (Pa)	$1.0 \times 10^{5\dagger}$
barn	square meter (m^2)	$1.0 \times 10^{-28\dagger}$
barrel (42 U.S. liquid gallons)	cubic meter (m^3)	0.1590
Bohr magneton (μ_B)	J/T	9.274×10^{-24}
Btu (International Table)	joule (J)	1.055×10^{3}
Btu (mean)	joule (J)	1.056×10^{3}
Btu (thermochemical)	joule (J)	1.054×10^{3}
bushel	cubic meter (m^3)	3.524×10^{-2}
calorie (International Table)	joule (J)	4.187
calorie (mean)	joule (J)	4.190
calorie (thermochemical)	joule (J)	$4.184^{\dagger}$
centipoise	pascal second (Pa · s)	$1.0 \times 10^{-3\dagger}$
centistokes	square millimeter per second (mm^2/s)	$1.0^{\dagger}$
cfm (cubic foot per minute)	cubic meter per second (m^3/s)	4.72×10^{-4}
cubic inch	cubic meter (m^3)	1.639×10^{-5}
cubic foot	cubic meter (m^3)	2.832×10^{-2}
cubic yard	cubic meter (m^3)	0.7646
curie	becquerel (Bq)	$3.70 \times 10^{10\dagger}$
debye	coulomb meter (C m)	3.336×10^{-30}
degree (angle)	radian (rad)	1.745×10^{-2}
denier (international)	kilogram per meter (kg/m)	1.111×10^{-7}
	$tex^{\ddagger}$	0.1111
dram (apothecaries')	kilogram (kg)	3.888×10^{-3}
dram (avoirdupois)	kilogram (kg)	1.772×10^{-3}
dram (U.S. fluid)	cubic meter (m^3)	3.697×10^{-6}
dyne	newton (N)	$1.0 \times 10^{-5\dagger}$
dyne/cm	newton per meter (N/m)	$1.0 \times 10^{-3\dagger}$
electronvolt	joule (J)	1.602×10^{-19}
erg	joule (J)	$1.0 \times 10^{-7\dagger}$
fathom	meter (m)	1.829
fluid ounce (U.S.)	cubic meter (m^3)	2.957×10^{-5}
foot	meter (m)	$0.3048^{\dagger}$
footcandle	lux (lx)	10.76
furlong	meter (m)	2.012×10^{-2}
gal	meter per second squared (m/s^2)	$1.0 \times 10^{-2\dagger}$
gallon (U.S. dry)	cubic meter (m^3)	4.405×10^{-3}
gallon (U.S. liquid)	cubic meter (m^3)	3.785×10^{-3}
gallon per minute (gpm)	cubic meter per second (m^3/s)	6.309×10^{-5}
	cubic meter per hour (m^3/h)	0.2271
gauss	tesla (T)	1.0×10^{-4}
gilbert	ampere (A)	0.7958
gill (U.S.)	cubic meter (m^3)	1.183×10^{-4}
grade	radian	1.571×10^{-2}
grain	kilogram (kg)	6.480×10^{-5}
gram force per denier	newton per tex (N/tex)	8.826×10^{-2}
hectare	square meter (m^2)	$1.0 \times 10^{4\dagger}$
horsepower (550 ft · lbf/s)	watt (W)	7.457×10^{2}
horsepower (boiler)	watt (W)	9.810×10^{3}
horsepower (electric)	watt (W)	$7.46 \times 10^{2\dagger}$
hundredweight (long)	kilogram (kg)	50.80
hundredweight (short)	kilogram (kg)	45.36
inch	meter (m)	$2.54 \times 10^{-2\dagger}$
inch of mercury (32 °F)	pascal (Pa)	3.386×10^{3}
inch of water (39.2 °F)	pascal (Pa)	2.491×10^{2}
kilogram-force	newton (N)	9.807
kilowatt hour	megajoule (MJ)	$3.6^{\dagger}$

CONVERSION FACTORS TO SI UNITS

To convert from	To	Multiply by
kip	newton (N)	4.448×10^{3}
knot (international)	meter per second (m/S)	0.5144
lambert	candela per square meter (cd/m^{3})	3.183×10^{3}
league (British nautical)	meter (m)	5.559×10^{3}
league (statute)	meter (m)	4.828×10^{3}
light year	meter (m)	9.461×10^{15}
liter (for fluids only)	cubic meter (m^{3})	1.0×10^{-3}†
maxwell	weber (Wb)	1.0×10^{-8}†
micron	meter (m)	1.0×10^{-6}†
mil	meter (m)	2.54×10^{-5}†
mile (statute)	meter (m)	1.609×10^{3}
mile (U.S. nautical)	meter (m)	1.852×10^{3}†
mile per hour	meter per second (m/s)	0.4470
millibar	pascal (Pa)	1.0×10^{2}
millimeter of mercury (0 °C)	pascal (Pa)	1.333×10^{2}†
minute (angular)	radian	2.909×10^{-4}
myriagram	kilogram (kg)	10
myriameter	kilometer (km)	10
oersted	ampere per meter (A/m)	79.58
ounce (avoirdupois)	kilogram (kg)	2.835×10^{-2}
ounce (troy)	kilogram (kg)	3.110×10^{-2}
ounce (U.S. fluid)	cubic meter (m^{3})	2.957×10^{-5}
ounce-force	newton (N)	0.2780
peck (U.S.)	cubic meter (m^{3})	8.810×10^{-3}
pennyweight	kilogram (kg)	1.555×10^{-3}
pint (U.S. dry)	cubic meter (m^{3})	5.506×10^{-4}
pint (U.S. liquid)	cubic meter (m^{3})	4.732×10^{-4}
poise (absolute viscosity)	pascal second ($Pa \cdot s$)	0.10†
pound (avoirdupois)	kilogram (kg)	0.4536
pound (troy)	kilogram (kg)	0.3732
poundal	newton (N)	0.1383
pound-force	newton (N)	4.448
pound force per square inch (psi)	pascal (Pa)	6.895×10^{3}
quart (U.S. dry)	cubic meter (m^{3})	1.101×10^{-3}
quart (U.S. liquid)	cubic meter (m^{3})	9.464×10^{-4}
quintal	kilogram (kg)	1.0×10^{2}†
rad	gray (Gy)	1.0×10^{-2}†
rod	meter (m)	5.029
roentgen	coulomb per kilogram (C/kg)	2.58×10^{-4}
second (angle)	radian (rad)	4.848×10^{-6}†
section	square meter (m^{2})	2.590×10^{6}
slug	kilogram (kg)	14.59
spherical candle power	lumen (lm)	12.57
square inch	square meter (m^{2})	6.452×10^{-4}
square foot	square meter (m^{2})	9.290×10^{-2}
square mile	square meter (m^{2})	2.590×10^{6}
square yard	square meter (m^{2})	0.8361
stere	cubic meter (m^{3})	1.0†
stokes (kinematic viscosity)	square meter per second (m^{2}/s)	1.0×10^{-4}†
tex	kilogram per meter (kg/m)	1.0×10^{-6}†
ton (long, 2240 pounds)	kilogram (kg)	1.016×10^{3}
ton (metric) (tonne)	kilogram (kg)	1.0×10^{3}†
ton (short, 2000 pounds)	kilogram (kg)	9.072×10^{2}
torr	pascal (Pa)	1.333×10^{2}
unit pole	weber (Wb)	1.257×10^{-7}
yard	meter (m)	0.9144†

† Exact.

‡ This non-SI unit is recognized by the CIPM as having to be retained because of practical importance or use in specialized fields.

المراجـع الأجنبية

1. The energy metabolism of ruminants Kenneth Lyon blaxter (1967)
2. Gunstone, F. D. and Norris, F. A. (1983). Lipids in Foods (Chemistry, Biochemistry and Technology) Pergamon Press, Oxford. New York, Toronto, Sydeny, Paris, Frankfurt.
3. Food and Nutrition Board, National Research Council. In: Recommended Dietary Allowances, 10th ed. Washington, DC: Natinal Academy Press, 1989, PP. 44-51.
4. Horrobin DF and Manku MS. In: Omega-6 Essential Fatty Acids. Horrobin DF, ed. New York, NY: Alan R. Liss, 1990, PP. 21-53.
5. Kinsella, J. E, Lokesh, B. and Stone, R. A. (1990). Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and a melioration of cardiovascular disease; Possible mechanisms, Am. J. Nutr. 52, 1-28.
6. Livestock feeds & Feeding, D.C.Church-3rded. (1991). Library of Congress Catoging-in-Publication Data. Printice-Hall,INC. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
7. Wan, P. J. (1991). Introduction to Fats and Oils Technology. American Oil Chemists, Society, Champiagen, Illinois.
8. Ackman RG and Cummane SC. In: Advances in Applied Lipid Research. Padley FB, ed. London: JAI Press Ltd., 1992, PP. 167-215.
9. Davidson, V. L. and Sittman, B.D. (1994) Biochemistry. 3rd edition, Mass publishing CO., Dokki, Giza, Cairo.
10. Food Fats and Oils. Washington, DC: Institute of Shortening and Edible Oils, Inc., 1994.
11. Salem Jr N and Pawlosky RJ. World Rev Nutr Diet. 1994; 75:114-119.
12. Budowski P, et al., World Rev Nutr Diet, 1994; 75:105-108.
13. Houwelingen AC v and Hornstra G. World Rev Nutr Diet. 1994; 75: 175-178.
14. Emken EA. In: Proceedings From the Scientific Conference on Omega-3 Fatty Acids in Nutrition, Vascular Biology, and Medicine. Dallas, TX: American Heart Association, 1995, PP. 9-18.
15. Nutrition Advisory Panel Meeting: Executive Summary. Winnipeg, MB: Flax Council of Canada, 1995.
16. Cunnane SC. In: Flaxseed in Human Nutrition. Cunnane SC and Thomson LU, eds. Champaign, IL: AOCS Press, 1995, PP. 99-127.
17. Ferretti A and Flanagan VP. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 1996: 54:451-445.
18. Ratnayake WMN and Chen Z-Y. Lipids. 1996; 31(Suppl): S279-S282.
19. Salem Jr N, et al., Lipids, 1996; 31(Suppl): S 153-S 156. 16. Brossard N, et al. AM J Clin Nutr. 1996; 64: 577-586.
20. Du, M., D.U. Ahn, and J. L. Sell, 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the composition of egg yolk lipids. Poultry Science 78: 1639-1645.
21. Dhiman, T.R., 2000. Conjugated linoleic acid: A food for cancer prevention. Feedstuffs, May, 72:24-32.
22. Reynolds, C.K. Dept. Agric. Centre for Dairy Research, the University of Reading, Earley Gate, Reading Berkshire, U.K. J.Animal Sci. 80, E74-E84,2002.
23. Murase, T., Ioki, M., Tokimitsu, I., 2005. Supplementation with alpha-linolenic acid rich diacylglycerol suppresses fatty liver formation accompanied by an upregulation of β-oxidation in Zucker fatty rats. Biochimica et Biophysica Acta, 1733 (2–3), 224–231.
24. Principles of biochemistry – H. Robert Horton and et al., 2006 – Fourth ed. Pearson Prentice Hall. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
25. Principles of biochemistry – H. Robert Horton and et al., 2006 – Fourth ed. Pearson Prentice Hall. Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey Canadian Grain Commission, Flaxsed Export Quality Data, Winnipeg, MB.
26. AI MDM, et al. J AM Coll Nutr. 196; 15: 49-55.
27. Macdonald Campus of Mc-Gil University, Fac. Agric. & Environmental Sciences, Dairy cattle production 342-450.

المراجــع العربيــة

١. محمد بسيونى زويل (١٩٦٥) الزيوت والدهون. دار المعارف الطبعة الثالثة . مكتبة العلوم الزراعية .

٢. أحمد عنيم : كتاب القواعد والنظريات الاساسية فى تغذية الحيوان، الطبعة الثامنة ١٩٥٨، أحمد غنيم : كتاب تغذية الحيوان (المقننات الغذائية والعلائق الاقتصادية – مطبعة العلوم – القاهرة ١٩٦٧.

٣. مقررات د. أحمد غنيم ١٩٦٧.

٤. محاضرات في أسس الكيمياء الحيوية – د. عبد الوهاب إسماعيل عيسي ود. محمد عدلي دياب – كلية الزراعة – جامعة المنوفية – ١٩٧٧.

٥. رضوان صدقى فرج (١٩٩١). كيمياء الليبيدات. مركز النشر لجامعة القاهرة .

٦. محمد بسيم عطا وحبيب السيد مصطفى (١٩٩٨). تكنولوجيا الزيوت والدهون. كلية الزراعة بطنطا.

٧. الكيمياء الحيوية – أ.د. رضوان صدقي فرج وأخرون – مطبعة كلية الزراعة – جامعة القاهرة – ١٩٩٨

٨. عبد المنعم يوسف ابراهيم (٢٠٠٣) – كيمياء الالياف النباتية – الكيمياء الحيوية Biochemistry – أحمد ابو العنين – فؤاد عبد الرحيم – محمد مجدي راشد – مصطفى محمد فرج.

٩. محاضرات في كيمياء الإنزيمات – د. عبد الوهاب إسماعيل عيسي – كلية الزراعة – جامعة المنوفية – ٢٠٠٢

١٠. د. عبد المنعم يوسف – كيمياء الالياف النباتية – ٢٠٠٣.

١١. د.على محمد على مصطفى – مدرس تغذية الحيوان – قسم الإنتاج الحيواني – كلية الزراعة – جامعة القاهرة.

١٢. عبد الله على غزالة – احمد محمد حنفي – أساسيات تغذية حيوانات المزرعة ٢٠٠٩

١٣. د. عادل عيد محمد "مدرس " – هانى محمد رمضان "مدرس مساعد" (قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة القاهرة).

المواقـع الإلكترونيـة

1- Hexoses - "http://en.wikipedia.org/wiki/Hexose"

2- Pentoses http://en.wikipedia.org/wiki/Pentose

3- Hyaluronic http;//en.wikipedia.org/wiki/hyaluronan

4- Glycogen http://en.wikipedia.org/wiki/Glycogen

5-Christie, W.W. What is a lipid? Lipidlibrary.aocs.org. April 18th, 2011.

6-Christie, W.W. Fatty acids and eicosanoids. Lipidliprary.aocs.org. April 1st , 2011.

7- BCH PLS PPA 609 Lecture Eleven B Web Notes.htm.

8- file://K:\cellulase-wikipedia, the free encyclopedia.htm. 17/12/2007.

9- George A.Mclaren, West Virginia Univ., Morgantown Downloaded from Jas. Fass. Org by guest on July 10, 2011 .Http://Jas.fass.org/content/23/2/577American Society of Animal Science www.asas. Org. J.Animal Sci.